CONTROL, SUPERVISIÓN Y DESARROLLO DE ORDENAMIENTOS, EN LA GESTIÓN Y OPERACIÓN DE RED DE ACUEDUCTO URBANO, EN LA EMPRESA VEOLIA AGUAS DE TUNJA S.A.E.S.P

CAMILO ANDRÉS CANARÍA RIVERA

Universidad Santo Tomas

Facultad de ingeniería civil

Tunja-Boyacá

2021

CONTROL, SUPERVISIÓN Y DESARROLLO DE ORDENAMIENTOS, EN LA GESTIÓN Y OPERACIÓN DE RED DE ACUEDUCTO URBANO, EN LA EMPRESA VEOLIA AGUAS DE TUNJA S.A.E.S.P

CAMILO ANDRÉS CANARÍA RIVERA

Trabajo de grado requerido y presentado, para optar por el título de ingeniero civil.

DIRECTOR

Melquisedec Cortés zambrano

Ingeniero civil, magister en ingeniería civil con énfasis en recursos hídricos e hidro-informática, doctor en ingeniería y ciencia de los materiales.

Universidad Santo Tomas

Facultad de ingeniería civil

Tunja-Boyacá

2021

Nota de aceptación

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del director

Melquisedec Cortés zambrano, IC, MSc, PhD

_____

Firma del jurado1

_____

Firma del jurado1

Tunja, 15 de junio del 2021

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a Dios por la vida, por su protección y su guía, a mi familia por estar siempre a mi lado, por brindarme su apoyo en cada decisión y proyecto, a la universidad Santo Tomas y sus docentes, los cuales durante mi proceso y formación profesional estuvieron siempre presentes formando mi aprendizaje y conocimiento, a mis amigos y compañeros, agradezco esos momentos y anécdotas maravillosas que me acompañaran como un bonito recuerdo toda la vida, y a cada una de las personas que conocí en el camino que de una forma u otra hicieron parte de este proceso.

Debo decir que no ha sido fácil lo recorrido, que, a pesa de angustias y dificultades presentes, el transcurso ha sido maravilloso.

Este trabajo, mis logros, y la felicidad que hoy siento por estar a punto de concluir uno de los pasos más importantes en la historia de mi vida, se lo dedico a Dios y mi madre, MARÍA MERCEDES RIVERA SAMUDIO, que han sido siempre mi motor y motivo de lucha para nunca decaer y seguir adelante.

CONTENIDO.

Pág.

1 RESUMEN. 9

2 INTRODUCCIÓN. 11

3 OBJETIVOS. 13

3.1 OBJETIVO GENERAL 13

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 13

4 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DONDE SE DESARROLLO EL PROYECTO. 14

4.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CIUDAD DE TUNJA. 14

4.2 LOCALIZACIÓN VEOLIA AGUAS DE TUNJA. 14

4.3 DESCRIPCIÓN DE LA RED DE ACUEDUCTO 16

5 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE LA PASANTÍA. 26

5.1 SUPERVISIÓN Y CONTROL DIARIO DE PRESIONES Y CAUDALES POR MEDIO DE LA PLATAFORMA I2O WATER, PARA POSTERIOR ANÁLISIS EN BUSCA DE FALLAS O FUGAS EN EL SISTEMA DE ACUEDUCTO. 27

5.2 CREACIÓN DE ORDENES DE ACTIVIDADES A PERSONAL EN CAMPO, EN PLATAFORMA WORKFORCE. 30

5.3 COORDINAR PROCESOS DE BÚSQUEDA SEMANAL CON GEÓFONO PARA FUGAS DE FONDO, TRAS EL ANÁLISIS DE CAUDALES MÍNIMOS NOCTURNOS REALIZADO EN LA PLATAFORMA I2O. 32

5.4 DESCARGUE Y CARGUE DE INFORMACIÓN DE PRESIONES Y CAUDALES PARA TRAMITE MENSUAL ANTE INTERVENTORÍA Y SUPER INTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS. 35

5.5 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES E INSUMOS NECESARIOS PARA IMPLEMENTAR METODOLOGÍA QUE PERMITA CALCULAR EL ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA (IANC). 40

6 APORTES AL TRABAJO. 42

6.1 APORTES COGNITIVOS. 42

6.1.1 APLICACIÓN DEL MÉTODO BOTOOM UP COMO ACERCAMIENTO A LAS PERDIDAS REALES Y PERDÍAS COMERCIALES. 42

6.1.2 ACTUALIZACIÓN DE DATOS DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN (PATIM) O MACRO MEDIDORES, CON FORMATO DE ARCHIVO DE CALIBRACIÓN Y ALERTA DE CALIBRACIÓN. 50

6.1.3 ACTUALIZACIÓN DE BASE DE DATOS DE HIDRANTES, CONFORME A PLANOS HIDRÁULICOS DE LA CIUDAD, IDENTIFICANDO LA NECESIDAD DE NUEVA CONSTRUCCIÓN, CAMBIO O REUBICACIÓN, CON EL FIN DE GARANTIZAR PARÁMETROS NORMATIVOS Y DE COBERTURA. 53

6.2 APORTE A LA COMUNIDAD. 56

7 IMPACTOS DEL TRABAJO DESEMPEÑADO. 57

8 CONCLUSIONES. 59

9 GLOSARIO. 62

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. 64

LISTA DE ILUSTRACIÓNES.

Pág.

Ilustración 1. Localización geográfica de Tunja y Veolia. 15
Ilustración 2. Distribución de los principales pozos de la ciudad de Tunja. 20
Ilustración 3.Estructuracion del acueducto. 21
Ilustración 4. Sectorización de Tunja, Veolia. 22
Ilustración 5: Plataforma i2O, monitoreo de flujo y presión. 28
Ilustración 6: Fallo de válvula reguladora. 29
Ilustración 7: Posible fuga en red de acueducto. 30
Ilustración 8: plataforma Workforce. 31
Ilustración 9: Nota y evidencia de actividad de reparación en red de acueducto. 32
Ilustración 10: Relación consumo, presión, fugas. 32
Ilustración 11: comportamiento anormal de caudal neto en grafica de tendencia. 33
Ilustración 12: fuga de fondo localizada. 34
Ilustración 13: Análisis de los caudales mínimos nocturnos. 34
Ilustración 14: Collector, grupo operativo de acueducto. 37
Ilustración 15: mapa web de Collector, lectura de presiones en instrumentos de medición y control. 37
Ilustración 16: Datos históricos de presiones mes de junio 2021. 39
Ilustración 17: Balance hídrico de agua no contabilizada. 41
Ilustración 18: Ejemplo de caudales registrados por macro medidor a la entrada del sector 1. 46
Ilustración 19: Datos recopilados en hoja de cálculo para perdidas de volumen del método BOTTOM UP. 47
Ilustración 20: Datos recopilados en hoja de cálculo para perdidas comerciales. 48
Ilustración 21: Hoja de cálculo del método BOTTOM UP. 49
Ilustración 22: Alertas de verificación. 51

Ilustración 23: Archivo automatizado actualizado, datos macro medidores, calibración, verificación y soporte de verificación por laboratorio. 52
Ilustración 24: Plataforma COLLECTOR, datos de hidrantes. 54
Ilustración 25: Análisis de cobertura de hidrantes.....55
Ilustración 26: Archivo actualizado, hidrantes para atención de emergencias. 55

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Características de aducción (embalse-planta de tratamiento). 17
Tabla 2. características de las conducciones. 17
Tabla 3. características de las estructuras de almacenamiento. 18
Tabla 4. Pozos existentes. 20
Tabla 5. Distribución y sectorización del acueducto. 21

1 RESUMEN.

El presente informe es el resultado de las actividades y laborares realizadas como pasante auxiliar de ingeniería civil, dentro del sector de operaciones de acueducto en la empresa Veolia aguas de Tunja S.A. E.S.P. Las consignas y descripciones en este documento, que dan cuanta a las actividades realizadas, no solo demuestran una labor enriquecedora de conocimiento a nivel personal y profesional dentro de la ingeniería civil, también se exponen algunos de los diferentes procesos que conllevan al eficaz control de un sistema de acueductos. En resumen, un compendio de conocimientos empleados y adquiridos de procesos operativos, que buscan ser transmitidos, y a su vez demostrar la labor e importancia de los acueductos para el bienestar y desarrollo de una ciudad, y, sociedad en constante expansión como lo es Tunja. Algunos de los datos e imágenes usados en el presente documento fueron distorsionados de forma intencional, para dar cumplimiento a las normas de confidencialidad de la empresa.

El sector de operaciones de acueducto, es el encargado de la supervisión, operación, control y mantenimiento del acueducto, desde los diferentes puntos de captación, hasta los sistemas de distribución, bajo la supervisión de la ingeniera en jefe del sistema de acueductos, Johanna Beltrán, y las ingenieras, Yenny Garavito y Alejandra García, coordinadoras de sectorización.

Algunas de las actividades asignadas durante la pasantía, fueron: Supervisión y control diario de presiones y caudales por medio de la plataforma i2O Water, para posterior análisis en busca de fallas o fugas en el sistema de acueducto, descargue y cargue de información de presiones y caudales para informe mensual ante interventoría y Super intendencia de servicios público, identificación de variables e insumos necesarios para implementar metodología que permita calcular el índice de agua no contabilizada.

Palabras clave: Sistema de acueducto, índice de agua no contabilizada, presiones, caudales, monitoreo y supervisión.

ABSTRACT.

This report is the result of the activities and work carried out as an assistant civil engineering intern, within the aqueduct operations sector at the company Veolia aguas de Tunja S.A. E.S.P. The instructions and descriptions in this document, which give an account of the activities carried out, not only demonstrate an enriching work of knowledge at a personal and professional level within civil engineering, they also expose some of the different processes that lead to the effective control of an aqueduct system. In short, a compendium of knowledge used and acquired from operational processes, which seek to be transmitted, and in turn demonstrate the work and importance of aqueducts for the well-being and development of a city, and a society in constant expansion such as Tunja. Some of the data and images used in this document were intentionally distorted to comply with the company's confidentiality standards.

The aqueduct operations sector is in charge of the supervision, operation, control and maintenance of the aqueduct, from the different collection points to the distribution systems, under the supervision of the chief engineer of the aqueduct system, Johanna Beltrán, and the engineers, Yenny Garavito and Alejandra García, sectorization coordinators.

Some of the activities assigned during the internship were: Daily monitoring and control of pressures and flows through the i2O Water platform, for subsequent analysis in search of failures or leaks in the aqueduct system, download and upload of pressure information and flow rates for monthly report before auditing and Superintendency of public services, identification of variables and inputs necessary to implement methodology that allows calculating the index of unaccounted for water.

Keywords: Aqueduct system, unaccounted for water index, pressures, flows, monitoring and supervision.

2 INTRODUCCIÓN.

Sin lugar a duda el agua es un derecho humano que redunda la vida en calidad y bienestar, sin dejar de lado el derecho ambiental de la naturaleza misma.

La imperiosa necesidad de las sociedades y en específico del ser humano al agua segura, desencadeno el ingenio de civilizaciones antiguas para facilitar su captación, distribución y consumo, mismo ingenio que en busca de la facilidad y comodidad humana, ha generado impactos negativos que atentan contra el derecho ambiental e integridad de los ecosistemas, de los cuales depende mucho el bienestar humano.

La ingeniería ha ayudado a contribuir con muchos de esos impactos negativos, claros ejemplos son, el transporte de combustión y/o las termoeléctricas, que a pesar de ser grandes inventos que han generado un progreso humano, también son insostenibles desde el ámbito ambiental.

Con la llegada del ambientalismo como movimiento global, y los irrefutables cambios y graves problemas ambientales, la ingeniería se vio forzada a aproximarse a la naturaleza, adoptando conciencia y la necesidad de actuar, entendiendo que no es una cuestión atinente a quienes habitaron o habitan hoy el planeta, sino que inexorablemente comprende la preservación del ser humano.

Actualmente este comportamiento y conciencia pro ambientalista no solo se ha convertido en un deber personal, sino que es adoptando con mucha más fuerza a nivel institucional, colegios y universidades inculcando e impulsando ideas que contribuyan, y ámbitos empresariales que adoptan como objetivo propio el mitigar y contribuir [1].

El proceso de pasantía que culmina con este informe, trajo consigo, tanto conocimientos, como crecimiento a nivel personal y profesional, pues debido al provechoso convenio entre la universidad Santo Tomas y la empresa Veolia aguas de Tunja, instituciones que contribuyen al desarrollo profesional de ingenieros con conciencia ambiental, fue posible el progreso de dicha pasantía.

Veolia Environnement S.A, es una empresa trans nacional francesa que opera actualmente en 84 países, sus actividades comprenden tres áreas, gestión del agua, gestión de residuos y servicios energéticos, en Colombia Veolia opera en algunas de sus principales ciudades entre ellas, la ciudad de Tunja, en donde adopta el nombre de Veolia aguas de Tuna S.A.E.S.P.

En Tunja, Veolia es la compañía especializada en la gestión del servicio de acueducto y alcantarillado, en donde uno de sus principales objetivos es combatir la contaminación, acelerar la transformación ecológica y la eficaz gestión del recurso hídrico, por medio de un control eficiente de su red de acueducto.

Aprovechando las características topográficas e hidrográficas de la ciudad de Tunja, el acueducto en condiciones normales opera por gravedad, teniendo como principal recurso hídrico el embalse Teatinos, adicionalmente el sistema de acueducto, debido a sus condiciones especiales, permite la conmutación de una segunda fuente de suministro, proveniente de aguas subterráneas, estas aguas son explotadas por sistemas de bombeos y pozos profundos estratégicamente ubicados.

La administración encargada del acueducto en Veolia aguas de Tunja, es la gerencia de operación y acueducto, dentro la de la cual se desarrolla este informe de pasantía y se exponen algunos de los procesos y trabajos realizados para su supervisión, operación, gestión y control, teniendo siempre el apoyo y respaldo de todo el equipo Veolia Tunja y gerencia de operaciones y acueducto.

3 OBJETIVOS.

3.1 Objetivo general

Asistir con apoyo profesional a la empresa Veolia aguas de Tunja, en el sector de operaciones, perteneciente al área de acueducto, aportando conocimientos, fortalezas, y valores, adquiridos durante el proceso y culminación de estudios presenciales, al hacer parte como aprendiz de la facultad de ingeniería civil de la universidad Santo Tomas.

3.2 Objetivos específicos

- Desarrollar de manera eficaz y puntual, cada una de las actividades laborales indicadas por los ingenieros en jefe, encargados del área de acueducto.
- Contribuir con ideas y acciones, en procesos que permitan optimizar las actividades de control y gestión del acueducto.
- Realizar supervisiones de presiones y caudales en la totalidad de la red de acueducto, por medio de instrumentos de medición y estructuras de control, para identificar posibles fugas o errores en su óptimo funcionamiento.
- Desarrollar nuevos conocimientos y capacidades análogas al desarrollo laboral para ser implementadas durante y después de la práctica profesional.

4 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DONDE SE DESARROLLO EL PROYECTO.

Veolia Aguas de Tunja S.A.E.S.P, opera en el territorio rural de la ciudad de Tunja, en el departamento de Boyacá-Colombia, realizando la gestión de los servicios de acueducto y alcantarillado, el desarrollo de este proyecto y práctica profesional, se llevó a cabo como auxiliar de ingeniería en la gerencia de operaciones en el área de acueducto, con oficinas en la sede del barrio San Antonio de la ciudad de Tunja. La red de acueducto sobre el territorio rural de Tunja, se divide en 4 sectores, centro, norte, oriente, y sur, que a subes se sub divide en 26 sub sectores representados numéricamente, con el fin de facilitar el proceso de gestión y control del acueducto, procesos en los cuales se fundamenta el trabajo de pasantía realizado.

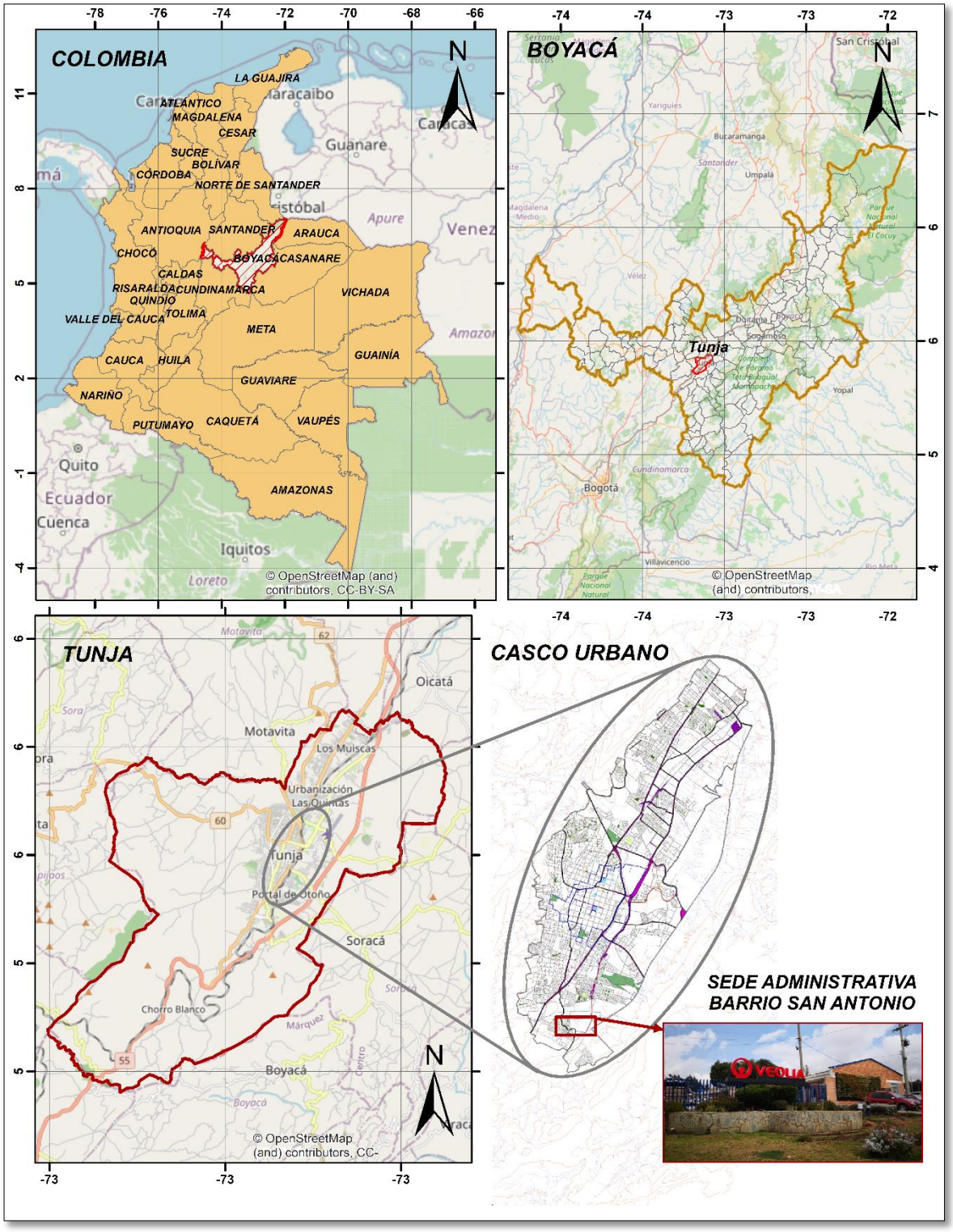
4.1 Localización geográfica de la ciudad de Tunja.

Ubicada dentro de la provincia centro del departamento de Boyacá-Colombia, se encuentra su capital, la ciudad de Tunja, con una extensión total de 121.5 km^2 y una extensión del área rural de 19.8 km^2, posicionada sobre la cordillera central de los andes, a 130 km de la capital colombiana, Bogotá, la ciudad de Tunja limita municipalmente por el norte con Cómbita y Motavita, por el sur, con Ventaquemada, al oriente, con Chivatá y Oicatá, y al Occidente, con Sora, Cucaita y Samacá [2].

4.2 Localización Veolia aguas de Tunja.

Veolia aguas de Tunja cuenta con dos sedes principales, Veolia gestión comercial, ubicada en el centro cívico y comercial plaza real local 146, en esta cede se llevan a cabo todos los procesos de atención al cliente y comercio de soluciones, en cuanto a proyectos, facturación, alcantarillado y acueducto, y, sede administrativa, ubicada en el barrio San Antonio, carrera 3 Este N° 11-20, en esta sede se encuentran todas las dependencias encargadas, del manejo y funcionamiento operativo y administrativo de la empresa.

Ilustración 1. Localización geográfica de Tunja y Veolia.



Nota: Fuente autor, realizado en ArcGIS 10.8 (2021).

4.3 Descripción de la red de acueducto

El sistema de acueducto de la ciudad de Tunja, es alimentado principalmente por una fuente superficial, generada por el rio Teatinos, que nace en lo alto del “santuario” a una altura de 3450 m.s.n.m. En 1954 es formulado el proyecto del embalse de Teatinos por la empresa INGTEC (1963) y modificado por HIDROESTUDIOS (1970), el embalse está situado en el municipio de Samacá, vereda salamanca, dentro una microcuenca que presenta una precipitación anual de 1397.7 mm, a una temperatura promedio de 7.8°C. Esta microcuenca que recibe el mismo nombre que el municipio, es destinada principalmente para alimentar el acueducto.

El volumen útil del embalse Teatinos, el cual es de aproximadamente 6.5 millones de m^3, está comprendido entre la cota 3251.4 m.s.n.m, correspondiendo a la cresta del vertedero de acceso y la cota 3232 m.s.n.m que corresponde a la entrada de la torre de captación, el área inundable del embalse es de 70 hectáreas y la altura aprovechable es de 19,4 m [3].

La extracción se realiza mediante una estructura profunda o torre rectangular de 8 m de alto por 1.8 m tanto de largo como de ancho, con entradas tipo rejilla por sus cuatro caras, con dimensiones de 0.916 m por 0.746 m y láminas de acero de 2” por ¾” espaciadas cada 5 cm.

Luego de la estructura de captación, el agua es transportada por gravedad hacia la caseta de válvulas, a través de dos tuberías de 14” con capacidad de diseño de 250 l/s por cada línea, aguas abajo de la caseta de válvulas, se encuentra el macro medidor, que registra el caudal extraído por año, desde este punto las aguas son transportada por una red de aducción hacia la planta de tratamiento La picota, por medio de una serie de tuberías de 16”, 18” y 20” con una capacidad de diseño de 400 l/s.

Tabla 1. Características de aducción (embalse-planta de tratamiento).

Elemento	Característica
Tubería	Concreto reforzado, diámetro 16”, longitud 13.9 km.
	Concreto reforzado, diámetro 18”, longitud 8.2 km.
	Concreto reforzado, diámetro 20”, longitud 0,7 km.
	Polietileno de alta densidad, diámetro 400mm, longitud 1 km.
Accesorios	65 válvulas de ventosa en hierro fundido.
	40 válvulas de compuerta para purga en hierro fundido.

Nota: Fuente autor, datos extraídos de Veolia, (2021).

Luego de la potabilización, el agua es dirigida por 8 tuberías de conducción, y almacenada en un complejo de 18 estructuras de almacenamiento, distribuidas estratégicamente en la ciudad de Tunja, con capacidad total de 17.914 m3 de agua potable, que a su vez distribuyen el agua hacia cada uno de los 26 sectores [4].

Tabla 2. características de las conducciones.

Nombre de la conducción	Longitud (km)	Material	Diámetro	Caudal de diseño
Planta-tanque San Rafael	5.54	CCP	14”, 16”,20”	150
Planta-tanque Circular	1.69	AC	12”, 14”	120
Planta-tanque La picota	0.15	PVC	10”	80
Planta-tanque Colinas	0.24	PAD	75mm	15
Planta-tanque Oriente	4.05	GRP	12”	100
Tanque Carmen-tanque Milagro redondos	0.56	PAD	6”	30
Tanque Picota- Tanque Triunfo	0.92	PAD	6”	25
Bombeo La fuente- Tanque San Rafael	0.74	CCP	16”	120

Nota: Fuente autor, datos extraídos de Veolia, (2021).

Tabla 3. características de las estructuras de almacenamiento.

Nombre	Tipo	Forma	Capacidad (m3)	Sectores o tanques abastecidos.
Aguas claras PTAP.	Enterrado	Rectangular	64	Tanque la picota 1y2, circular, San Rafael, oriente, por bombeo a tanque colinas, por gravedad a sector 18,19, y 20
Colinas.	Superficial	Rectangular	200	Sector 22
La picota tanque #1.	Semienterrado	Rectangular	600	Por bombeo a tanques el triunfo 1 y 2, por gravedad a sectores 21,23 y 24
La picota tanque #2.	Semienterrado	Rectangular	1200	Sectores 21, 23 y 24
El triunfo tanque #1.	Superficial	Circular	200	Sector 24
El triunfo tanque #2.	Superficial	Circular	200	Sector 24
Oriente #1.	Superficial	Rectangular	1250	Sectores 28 y 30
Oriente #2.	Superficial	Rectangular	1250	Sectores 28 y 30
Circular.	Superficial	Circular	5000	Sectores 12 y 17
Carmen.	Semienterrado	Rectangular	800	Por bombeo a tanques milagro redondos 1 y 2
Gemelos.	Semienterrado	Rectangular	2000	Sector 13
Milagro redondos tanque #1.	Superficial	Circular	200	Sector 15 y 16
Milagro redondos tanque #2.	Superficial	Circular	200	Sector 15 y 16
Milagro cuadrado.	Superficial	Rectangular	200	Sector 16
San Rafael.	Superficial	Rectangular	3000	Sector 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11
Mirador escandinavo #1.	Superficial	Rectangular	15	Abastece por bombeo agua potable tanque.
Mirador escandinavo #2.	Superficial	Rectangular	35	Parte alta barrio mirador escandinavo, sector 22
Bombeo la fuente.	Semienterrado	Rectangular	1400	Abastece por bombeo al tanque San Rafael

Nota: Fuente autor, datos extraídos de Veolia, (2021).

Debido a algunas características geográficas e hidrográficas propias de la zona de Tunja, el acueducto permite conmutar una segunda fuente de abastecimiento de agua potable proveniente del sub suelo. En la actualidad son explotados 2 acuíferos, y un tercero que representa una fuente potencial de explotación, uno principal y dos secundarios, la extracción o explotación de agua subterránea se realiza por medio de 20 estaciones de bombeo ubicados en el valle del rio Jordán, en la ciudad de Tunja, estaciones de las cuales 10 se encuentran en funcionamiento, y son indispensables para el eficaz abastecimiento de la ciudad, teniendo en cuenta que en muchas ocasiones las fuentes superficiales eran afectada irremediablemente por fenómenos naturales, tales como el fenómeno del niño, un solo pozo profundo como lo puede ser el pozo Fuente lll, cuyo aporte estimado es de 60 l/s, puede llegar a suplir el 20% de la demanda total del acueducto [5, p. 19].

En la cuenca de Tunja se encuentra el acuífero que representa la principal fuente de agua subterránea para el abastecimiento del acueducto de la ciudad, esto se debe a que está constituido por la formación cacho, su posición relativamente baja en profundidad dentro de la cuenca, y sus favorables características litológicas e hidrogeológicas, su disposición sigue la estructura predominante en el área, el cual obedece al sinclinal de Tunja, hacia el nororiente del área se presentan los pliegues denominados, Anticlinal de Puente Hacama y Sinclinal de Pirgua, los limites son representados en su parte superior por las rocas impermeables de la formación Bogotá y en la parte inferior por las arcillolitas de la formación Guaduas, debido a dichas características, el acuífero principal es denominado como un acuífero de tipo confinado.

El primer acuífero secundario, el cual representa la segunda fuente de mayor extracción de agua subterráneas para el abastecimiento de la ciudad, lo constituyen los niveles arenosos de la formación Bogotá. El segundo acuífero secundario lo constituyen las rocas de las formaciones Plaeners y, Labor y Tierna, pertenecientes al Grupo Guadalupe, las cuales poseen buenas porosidades secundaria y primaria respectivamente. Este acuífero además de ser la fuente de explotación de agua

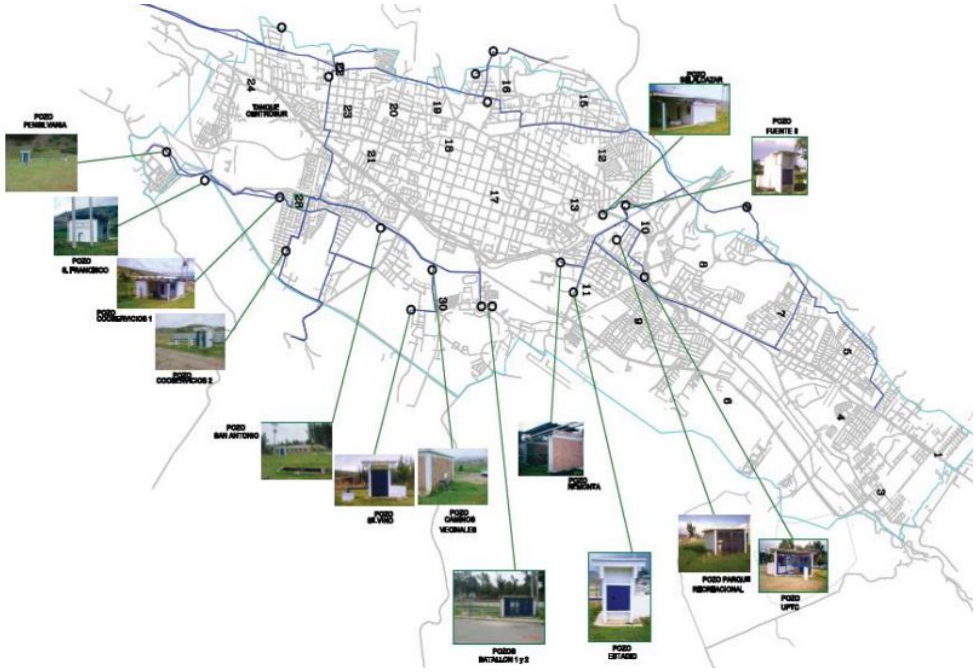
subterránea en otras partes del Altiplano Cundiboyacense, en la Cuenca de Tunja representa un potencial de explotación de agua subterránea [6, p. 16].

Tabla 4. Pozos existentes.

	Sistema Sur-Oriente.		Sistema Norte
1	Runta	**12**	Muiscas
2	Pensilvania	**13**	UPTC
3	San Francisco	**14**	Recreacional I
4	Cooservicios II	**15**	Recreacional II
5	Cooservicios I	**16**	Belalcázar
6	San Antonio	**17**	Estadio
7	Silvino Rodríguez	**18**	Fuente I
8	Batallón Bolívar I	**19**	Fuente II
9	Batallón Bolívar II	**20**	Remonta.
10	Florida		
11	Caminos Vecinales		

Nota: fuente autor, Datos extraídos de Veolia (2021).

Ilustración 2. Distribución de los principales pozos de la ciudad de Tunja.



Nota: fuente, Veolia informe ejecutivo, condiciones de aprovechamiento de los pozos profundos en la ciudad de Tunja (2015).

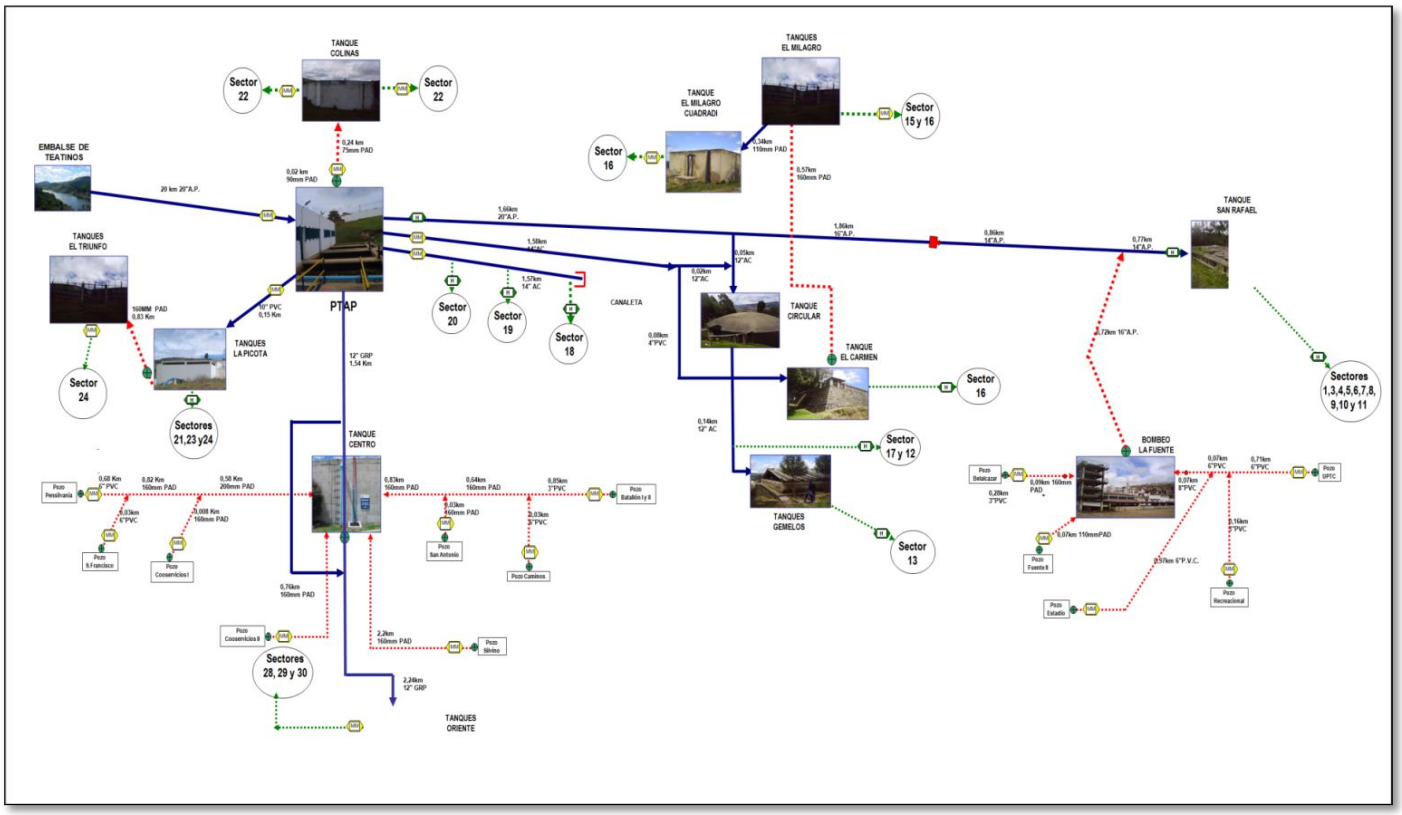
El sistema de acueducto se encuentra dividido en 4 zonas hidráulicas, Norte, Centro, Sur y Oriente, y, con el objetivo de garantizar y facilitar mayor control y operatividad del sistema en cuanto a investigación y balance de caudales, la red se sectoriza en 26 sectores autónomos de abastecimiento.

Tabla 5. Distribución y sectorización del acueducto.

Zona	Sectores de distribución que lo componen
Norte	1, 2, 3, 4, 5 ,6, 7, 8, 9, 10 y 11
Centro	12, 13, 15, 16 y 17
Oriente	28, 29 y 30
Sur – Occidente	18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24
Total, zonas 4	**26**

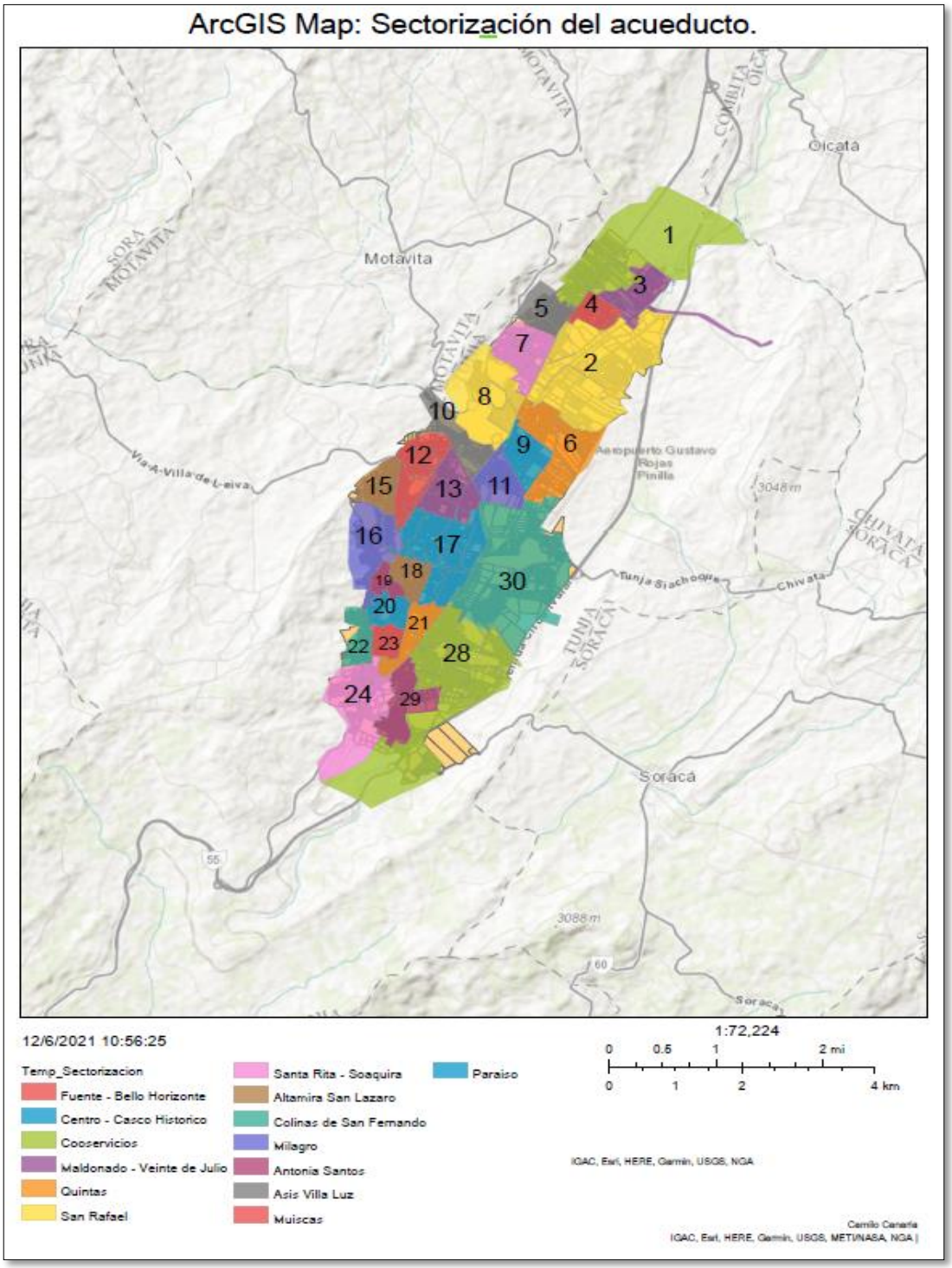
Nota: Fuente autor.

Ilustración 3.Estructuracion del acueducto.



Nota: Fuente, (García, 2021).

Ilustración 4. Sectorización de Tunja, Veolia.



Nota: Fuente autor, realizado en la plataforma ArcGIS Consulta temporal VAT, plataforma adscrita a la empresa Veolia aguas de Tunja.

La sectorización comprende los barrios de la siguiente manera.

Sector 1: La colorada, Portales del norte, Manantial del norte, Portales de Hunzahua, Parque industrial, Cementerio Jardines de la asunción San Onofre, Balcones del Norte, Santa Catalina, Compes, Villas del Norte, Cabañas del Norte, Parques del Nogal, Portal de Canapro, La Riviera, Reina Cecilia, Palos verdes.

Sector 2: Urbanización Torres de Buganvil, Alameda Bosque, San Antonio del bosque, Portal de Altagracia, Santa Elena II, Iscata, Reserva campestre, Santa Elena, Santa Elena II, Villita, Urbanización Santa Teresa, Urbanización Santa Teresa II, Colegio Cristo Rey, Alameda Campestre, Mirador Country, Plaza de Mercado Norte, Corpoboyacá, Santa Ana, Irdet, Altagracia, Bosques de Altagracia, Hayuelos Etapa 1.Seminario Parque, Centro Comercial Viva Tunja, Gaseosas Hipinto S.A.S.,Estación Nor-Oriental Bomberos Voluntarios de Tunja, Ciudad Hayuelos.

Sector 3: Colinas del Zue, Suamox, Altos de San Martin, Vereda Pirgua, Capitolio, Coeducadores, Caminitos de Oicata, Alcalá real, Tejares del Norte, Portales de Mamore, Balcones de terranova, Arboleda, Altos del capitolio, Colegio campestre, Colegio Los ángeles, Medilaser, Alameda del Norte y Villas del lago.

Sector 4: Los muiscas, Rincón del seminarito, Los camineros, Los periodistas, Torres del Este y Seminario mayor.

Sector 5: Asís, Villa luz, Buena vista, Poblado del Filadelfia y Villa del Norte.

Sector 6: Quintas, Remansos de la sabana y Andares, Altos de Alejandría, José de las flores, Universidad Santo Tomas, Lombardía, Mirado de la colina, Alameda de Unicentro, Esmeralda, Mirador de Andalucía, Villa de Aranjuez, Casa del Gobernador, Rincón de Mesopotamia y Ciudadela Comfaboy.

Sector 7: Santa Rita, José Antonio Galán, Montecarlo, Los cedros, Soaquira, Villa Toledo, Los corales, Santa Jacoba del puerto, La granja, Prados del Norte, Mirador de Tunja, Altos del Zue y Torres de Alejandría.

Sector 8: San Rafael, Colinas del Norte, La colina, UPTC, Rosales, Canapro, Cristales, JJ Camacho, Héroes, Pozo de Donato, Bosques de la colina, Colinas del Norte, Altos de San Diego, Altos de Canapro, San Javier, Normal masculina y Normal femenina.

Sector 9: Santa Inés, Remansos de Santa Inés, Terrazas de Santa Inés, Unicentro, Quince de Mayo, María Fernanda, Saludcoop Av. Norte, Makro. Enterprise Towers, Edificio Marca Center, Terrazas Club House Torre 1, Terrazas Club House Torre II, Colegio Liceo Santa Inés, Edificio Davinci y Edificio Murano.

Sector 10: Los lirios, Villa universitaria, Urapanes, La María, Doña Limbania, Parque recreacional del Norte y Los parques.

Sector 11: Mesopotamia, El recreo, Casas fiscales, Rincón de la pradera, La pradera, La glorieta, Sauces de la pradera, Villa olímpica, Urbanización Villa olímpica y Bosques de Guaguani.

Sector 12: Bello Horizonte, El Carmen, La Esperanza ll etapa, Torres del parque, La fuente, Trigales, Calleja, Altos de la María, San Diego, La esperanza l etapa, Mirador de la María y Mirador de la sierra.

Sector 13: Maldonado, San José, San Juan, Jorge Eliecer Gaitán, Belalcázar, Hospital San Rafael, Veinte de julio y Las nieves desde la calle 26 hacia el Norte.

Sector 15: Alta Mira, San Lázaro y Mirador de la fuente.

Sector 16: Milagro, Ricaurte parte alta, Kennedy, concepción, el topo transversal 17 E entre calle 20 y 24, Cojines y Kennedy parte baja.

Sector 17: Santa Lucia, Plaza real, Popular, secretaria de salud, casco Histórico, Nieves desde la calle 22 a la 26, entre la carrera 7 y la carrera 10, Laureles, Multi familiar San Agustín, Universidad Antonio Nariño, Hospital antiguo, San Felipe, Santa Cecilia, Banderas, Comfaboy, San Ignacio, Terminal de transporte, El consuelo, Carrera 7 a la avenida Oriente, entre las calles 19 y 29, calle 19 a la calle 22 entre la carrera 14 y la carrera 10.

Sector 18: Centro de la avenida Oriental a la carrera 11 entre las calles 16 y 19, Santa Bárbara, Nueva santa Bárbara, Condominio el Topo, de la carrera 13 a la carrera 14 entre calles 15 y 19.

Sector 19: Ricaurte y Centenario desde la calle 15 hasta la calle 12 A, Policlínica, Urazandy y nuestra señora de Fátima.

Sector 20: Paraíso, Sierra, Cortijo, Andes y Las Américas.

Sector 21: Aquimín, San Laureano, Suárez, Obrero, Surinama y Villa María.

Sector 22: Balcón de la villa, Libertador parte alta, Mirador escandinavo y Colinas de San Fernando.

Sector 23: Libertador parte baja de la carrera 16 hacia el Oriente.

Sector 24: Bolívar, Triunfo, Trinidad, Altos del triunfo, San Carlos, La perla, Salida a Bogotá y Complejo de servicios del Sur.

Sector 28: Santiago de Tunja, Doña Eva, Xativilla, Peñitas, San Antonio, Bochica, Hunza, Jordán, Castillos de Oriente, Villa Cristales, Coosevicios parte alta, Santa Marta, Altos de Cooservicios, Portal de Otoño, Cooservicios, Villa Bachué, Urbanización sol de Oriente, Conjunto bella Sara, Ciudadela sol de Oriente, San Francisco, La granja, Hospital psiquiátrico, Florida parque, La florida, Tunjuelito, Sagrado corazón, ciudad jardín, Pinos de Oriente, Nazareth, Mirador de Oriente y Urbanización arboreto.

Sector 29: Antonia santos, Tunjuelito, Florida, Florida parque, San Francisco, La granja, Los quince y Sagrado corazón.

Sector 30: Lanceros, Fuente Higueras, Dorado, Permanencia, Batallón Bolívar, Remonta, Colegio Boyacá, Patriotas, Manzanares, Curubal, Portal del curubal, Villa cristal, Caninos vecinales, Portal de Oriente, Minuto de Dios, Prados de Alcalá, Prados de San Luis, El Rodeo, Amparo de niños y Monseñor Baracaldo [7, p. 38].

5 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE LA PASANTÍA.

Teniendo en cuenta el cambio en las actividades humanas a nivel mundial debido a la pandemia generada por el COVID 19, la empresa Veolia aguas de Tunja, opta por la virtualidad como herramienta laboral, priorizando la bioseguridad de sus colaboradores, dicho esto, las actividades y labores correspondientes a la pasantía se realizaron de manera virtual, para lo cual, herramientas como hardware y software de aplicación fueron indispensables para su ejecución.

Las actividades realizadas durante el proceso de pasantía fueron las siguientes:

- Supervisión y control diario de presiones y caudales por medio de la plataforma i2O Water, para posterior análisis en busca de fallas o fugas en el sistema de acueducto.
- Creación de ordenes de actividades a personal en campo, en plataforma Workforce.
- Coordinar procesos de búsqueda semanal con geófono para fugas de fondo, tras el análisis de caudales mínimos nocturnos realizado en la plataforma i2O.
- Descargue y cargue de información de presiones y caudales para informe mensual ante interventoría y Super intendencia de servicios públicos.
- Identificación de variables e insumos necesarios para implementar metodología que permita calcular el índice de agua no contabilizada.

5.1 Supervisión y control diario de presiones y caudales por medio de la plataforma i2O Water, para posterior análisis en busca de fallas o fugas en el sistema de acueducto.

i2O Water es una empresa dedicada a la gestión y control del agua, que, por medio de instrumentos y plataformas en línea, monitorea y analiza las líneas de acueducto, con el fin de reducir fugas, consumo de energía y mejorar el suministro, esta empresa brinda servicios como gestión avanzada de presiones, análisis de redes, gestión de eventos y registro de datos. [8]

En Veolia aguas de Tunja, i2O Water, se usa para supervisar el flujo y la presión en toda la red, este monitoreo es realizado en cada una de las válvulas reductoras de presión (PATEC) y macro medidores (PATIM) que controlan cada uno de los sectores, los datos se registran y transmiten cada 15 minutos por medio de data logguers, y son recopilados en la plataforma de registro i2O para su posterior análisis.

El sistema inteligente de i2O en el menú principal, permite configurar alarmas en caso de que las presiones sobrepasen ciertos límites, tanto mínimos como máximos, estas alarmas alertan directamente a un número celular por mensaje de texto, además la plataforma debe ser revisada día a día en horas de la mañana, y en cada sector, con el fin de buscar fallos imperceptibles por el sistema, o, fallos y des calibración en válvulas y logguers, que generan tendencias anormales en las gráficas, estas inconsistencias en la gráfica de tendencias se reportan con el fin de averiguar si se trata de una fuga o errores de des calibración, en la mayoría de las ocasiones, cuando se tratan de fugas perceptibles en la superficie, los usuarios o población, son los primeros en reportar la fuga, esto permite saber que efectivamente se trata de una fuga o de lo contrario se trata de errores técnicos o del sistema.

Ilustración 5: Plataforma i2O, monitoreo de flujo y presión.

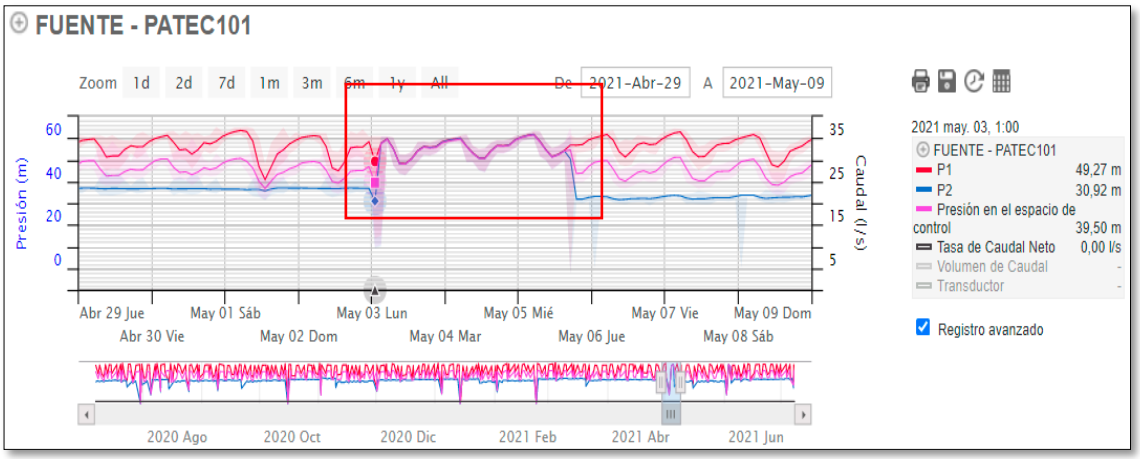
Nota: Fuente, autor, imagen extraída y modificada de plataforma de monitorio i2O (2021).

- Menú desplegable de zonas, sectores, válvula reductora (PATEC) y macro medidores (PATIM).
- Menú principal.
- Opción para visualizar datos de fecha a fecha.
- En esta ventana se visualizan presiones aguas arriba de la válvula reductora (p1), presiones aguas debajo de la válvula reductora (p2) y caudal de ingreso en el macro medidor (tasa de caudal neto) en una hora específica del día. También se encuentra el menú para imprimir la gráfica de tendencia, buscar datos máximos, mínimos y promedios, y, descargar datos en archivos .exe.
- Grafica de tendencia de presión aguas arriba de la válvula (línea roja), presión aguas debajo de la válvula (línea azul) y tasa de caudal neto (línea negra).

También se debe de tener en cuenta que no toda las alertas, alarmas, y anomalías en las gráficas se deben a fallos, también pueden ser por cierres de sector debido a actividades de operación desarrolladas directamente por el sector de operaciones del acueducto, como actividades de mantenimientos, o, por solicitudes de otras dependencias como lo es el área de control urbano, la cual se encarga de recibir solicitudes tales como petición para la instalación y conexión de nuevos hidrantes a la red de acueducto, o, nuevos empalmes de red, estas solicitudes se realizan al área de sectorización la cual hace parte de la dependencia de operaciones del acueducto, por medio de una solicitud de sectorización vía correo, como por ejemplo en el caso de un nuevo empalme a la red, el asusto debe de ser el nombre del proyecto y su contenido será una explicación clara del empalme a realizar [9, p. 9], la solicitud es dirigida al ingeniero en jefe del sistema de acueducto y al ingeniero coordinador de sectorización, para posteriormente realizar la actividad por alguna de las cuadrillas en campo.

Algunos ejemplos causales de alarma y anomalías en las gráficas de tendencia pueden ser:

Ilustración 6: Fallo de válvula reguladora.

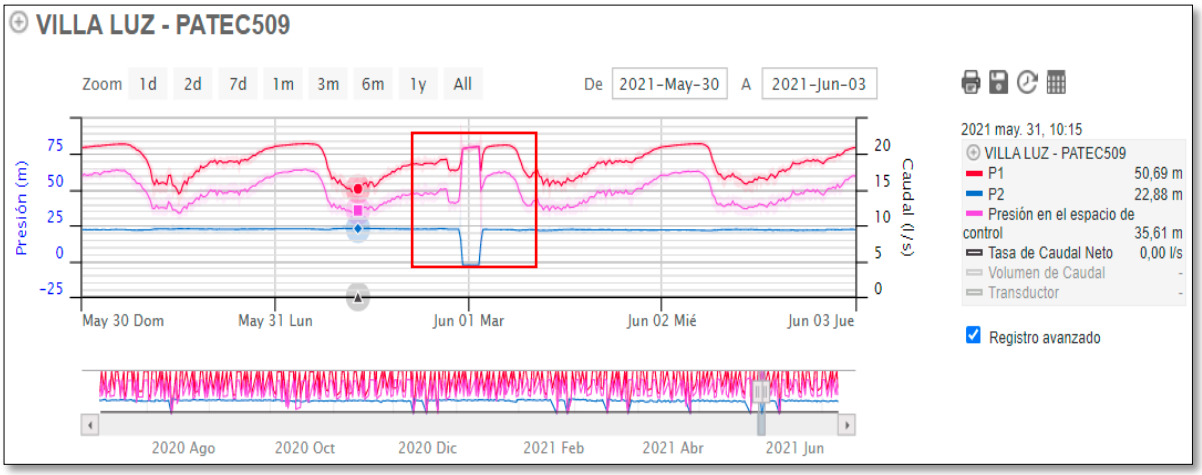


Nota: Fuente, autor, extraído de plataforma i2O (2021).

En este ejemplo la válvula reguladora falla, poniéndose directa el día 03 de mayo, la presión aguas abajo de la válvula se iguala a la presión aguas arriba de la válvula,

si la presión es muy alta, esto puede generar problemas en las válvulas de flotador o red hidráulica de los usuarios, el día 4, usuarios reportan altas presiones, por lo que se genera una orden de calibración, acción que es realizada por una de las cuadrillas de campo el día 5 de mayo.

Ilustración 7: Posible fuga en red de acueducto.



Nota: Fuente, autor, extraído de plataforma i2O (2021).

En este ejemplo se observa que la válvula reguladora identificada con el IDSIG (PATEC 509) ubicada en el barrio villa luz, tiene una disminución de presión aguas abajo (p2, línea azul), esto se debe a un daño en red principal en tubería de 2”, daño ocasionado por una retroexcavadora y reportado por el usuario.

5.2Creación de ordenes de actividades a personal en campo, en plataforma Workforce.

Workforce for ArcGIS forma parte de la nube geoespacial de Esri, y es una solución de aplicación móvil que utiliza el poder de la ubicación para coordinar el personal de campo.

Ilustración 8: plataforma Workforce.

Nota: Fuente, autor, extraído de plataforma Workforce (2021).

En Veolia aguas de Tunja, Workforce es utilizado para coordinar trabajos de campo con cuadrillas y contratistas, algunos de los trabajos a coordinar son:

Toma de presiones en válvulas reguladoras, también llamadas estructuras de control (PATEC) y toma de caudales en macro medidores, también llamados instrumentos de medición (PATIM), los cuales no son monitoreados a través del i2O pero de los que es necesario tener datos para generar informe mensual de presiones. Recuperación o mantenimientos de pavimentos, luego de realizada una intervención en la red subterránea del acueducto. Monitoreo de nivel de tanques, reparación de red de acueducto, y búsqueda semanal de fugas con geófono en sector, entre otras actividades.

Una vez es confirmada la actividad a realizar, la orden es agendada a una de las cuadrillas o contratistas de campo por medio de la plataforma, como ejemplo, en el caso de la fuga en el barrio villa luz “ilustración 7 y 9”, luego de ser confirmada la fuga, se realiza la orden de reparación, una vez finalizada la actividad por la cuadrilla agendada, esta debe suministrar información sobre el daño y evidencias fotográficas en la plataforma. Cada una de las actividades finalizadas según el tipo de actividad, deben de ser verificadas y anexadas en su correspondiente archivo histórico alojado en el Google Drive CO-VAT-ACUEDUCTO, perteneciente al sector de operaciones del acueducto y en donde se manejan y archivan gran parte de las actividades realizadas por el sector de operaciones.

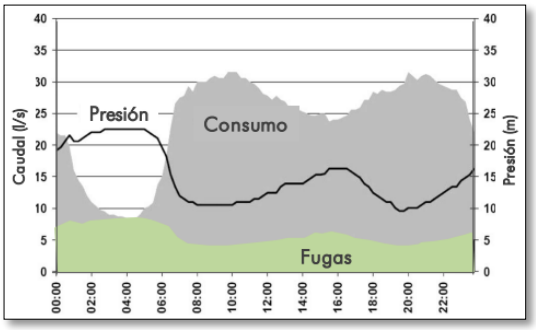
Ilustración 9: Nota y evidencia de actividad de reparación en red de acueducto.

Nota: Fuente, autor, extraído y modificado de plataforma Workforce (2021).

5.3 Coordinar procesos de búsqueda semanal con geófono para fugas de fondo, tras el análisis de caudales mínimos nocturnos realizado en la plataforma i2O.

Por facilidad y confianza el análisis es realizado en el momento en el que el caudal consumido es el mínimo, al tener el mínimo consumo, se presume una presión máxima en la red y por ende mayor el volumen fugado, lo que favorece la operatividad de los geófonos [10, p. 13].

Ilustración 10: Relación consumo, presión, fugas.

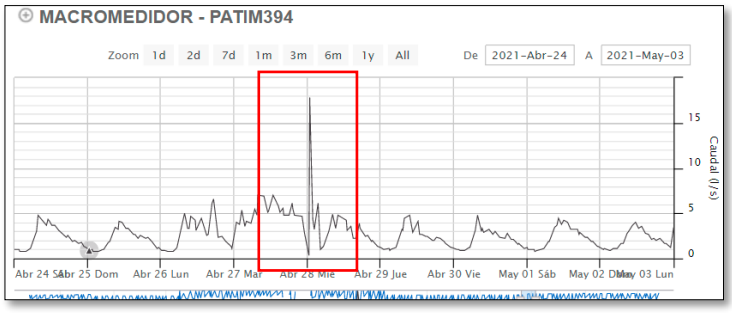


Nota: Fuente, Tesina, Método de los caudales mínimos nocturnos: revisión de sus bases científicas, evaluación de errores potenciales y propuestas para su mejora (2011).

El proceso inicia con el análisis de los caudales mínimos nocturnos en la plataforma i2O en cada uno de los sectores, al igual que en el numeral 5.2 en el análisis de presiones, el objetivo es identificar anomalías en las gráficas de tendencias, a diferencia, que en este caso las fugas ya no son perceptibles superficialmente, sino, fugas subterráneas o de fondo, una vez es identificada una anomalía en las gráficas de tendencias en uno de los sectores, y, se verifica que no se trata de reparaciones o fugas reportadas, se agenda la actividad de rastreo de fugas por geófono a alguna de las cuadrillas en campo, haciendo uso la plataforma Workforce, teniendo en cuenta la relación, consumo, presión y fugas, estas operaciones de rastreo de fugas se llevan a cabo en horas nocturnas, de 12 am a 5 am.

Como ejemplo, el día 27 de abril se procede a la revisión semanal de los caudales de cada uno de los 26 sectores, en el que se evidencio un comportamiento anormal en la gráfica de tendencia del caudal neto del sector 13, y para el cual no se reportaron daños o fugas superficiales visibles, se realiza la orden de actividad de rastreo de fugas con geófono en red de acueducto y acometidas.

Ilustración 11: comportamiento anormal de caudal neto en grafica de tendencia.



Nota: Fuente, extraído de plataforma i2O (2021).

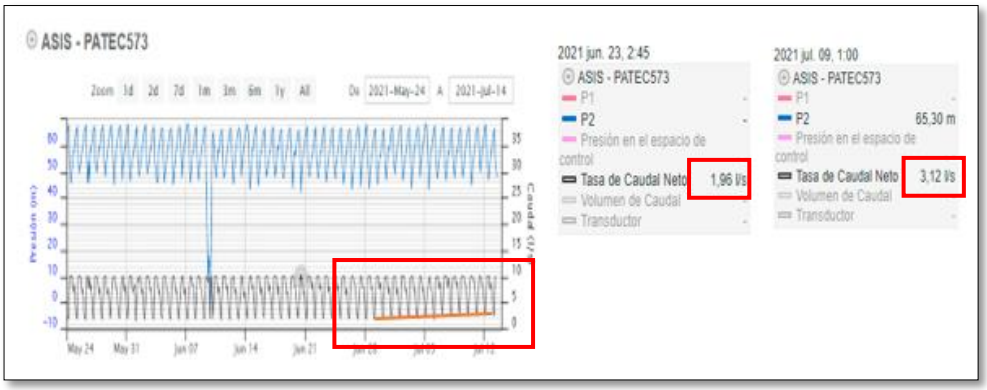
Se reporta inicio de actividades de rastreo de fugas a las 2:30 am del 28 de abril en donde se ubica daño en red principal en la carrera 9 # 27-44, la actividad finaliza a las 5 am y la zona de la fuga queda marcada con pintura, se verifica actividad y evidencian en la plataforma Workforce para generar orden de reparación.

Ilustración 12: fuga de fondo localizada.

Nota: Fuente, Workforce, evidencia de actividad (2021).

El rastreo de fugas en algunas ocasiones puede llegar a durar varios días, en algunos casos las fugas no son tan perceptibles como lo pudo ser el ejemplo anterior, ni en el campo, ni en la gráfica, por ende, es necesario analizar con más detalle las gráficas de tendencia en la hora de caudales mínimos, en un intervalo de tiempo prolongado, en el siguiente ejemplo, al analizar la tendencia de los caudales mínimos nocturnos durante un año en el sector 5, este se mantuvo en entre 1,9 l/s y 1,7 l/s, pero para finales del mes de junio el caudal nocturno tuvo un aumento lineal superando los 3 l/s, si bien es cierto podría deberse a un mayor consumo de los usuarios en el sector, también podría ser una fuga de fondo que ha ido aumentado su volumen fugado. Una vez realizado el análisis se agenda actividad de rastreo de fugas para corroborar si existe o no un daño en la red.

Ilustración 13: Análisis de los caudales mínimos nocturnos.



Nota: Fuente, extraído de plataforma i2O (2021).

5.4 Descargue y cargue de información de presiones y caudales para tramite mensual ante interventoría y Super intendencia de servicios públicos.

La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), es una entidad con rango constitucional conforme al artículo 370 de la Constitución Política de 1991. Por delegación presidencial ejerce las funciones de inspección, vigilancia y control sobre las entidades y empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía y gas [11].

En Veolia aguas de Tunja la super intendencia de servicios públicos, evalúa la gestión financiera, administrativa y técnica de la empresa, de acuerdo con la regulación establecida por la comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico (CRA). Mes a mes el sector de acueducto y operaciones de la empresa Veolia aguas de Tunja debe de diligenciar una serie de formatos que dan cuenta de actividades y procesos operativos, con el fin de verificar la calidad y eficiencia del servicio prestado y corroborar el cumplimiento normativo, esta información es diligenciada en el Sistema único de información de servicios públicos (SUI), es un sistema supra institucional que sirve de base para el desarrollo de las funciones de planeación, regulación, vigilancia, control, y la definición de políticas relacionadas con el sector de servicios públicos domiciliarios del país. Datos como cortes y suspensiones, daños, calidad del agua, fuentes de abastecimiento, distribución, caudales y presiones entre otros, son procesos de los cuales se debe de tener archivo histórico para mes a mes ser diligenciados en el sistema único de información.

Como ejemplo, una de las actividades de archivo histórico llevada a cabo mes a mes para posterior informe, fue el descargue y cargue de datos de presiones diarias en cada uno de los 26 sectores y sus respectivas válvulas reguladoras de presión o estructuras de control (PATEC), una de las consideraciones a tener en cuenta más importante en el control y posterior informe de presiones esta descrito en el artículo 61, presiones de servicio mínimas en red de distribución, de la resolución 330 de junio 8 del 2017, para poblaciones de diseño de más de 12.500 habitantes, la

presión dinámica mínima debe de ser de 15 m.c.a, y, articulo 62, presiones de servicio máximo en la red de distribución, para sistemas nuevos u optimizados la presión estática máxima debe de ser de 50 m.c.a, para cumplir con esta condición la red debe de dividirse en tantas zonas de presión como sea necesario [14].

En Tunja, la red de distribución del acueducto está dividida en 26 sectores que a su vez se sub dividen en aproximadamente 66 zonas de presión controladas cada una por su respectiva válvula reguladora, esta división y subdivisión en la red permite superar la presión estática máxima definida, aguas debajo de la válvula, a 60 m.c.a en algunos sectores, acorde al parágrafo 1 del artículo 62 de la misma resolución, en el cual advierte que:

> En una misma zona de presión se pueden presentar presiones estáticas mayores a la máxima definida; en este caso, el área a abastecer con una presión estática superior puede corresponder al 10% del área de la zona de presión, desde que no se sobrepase una presión de 55 m.c.a. y hasta el 5% del área de la zona de presión, desde que no sobrepase una presión de 60 m.c.a [14].

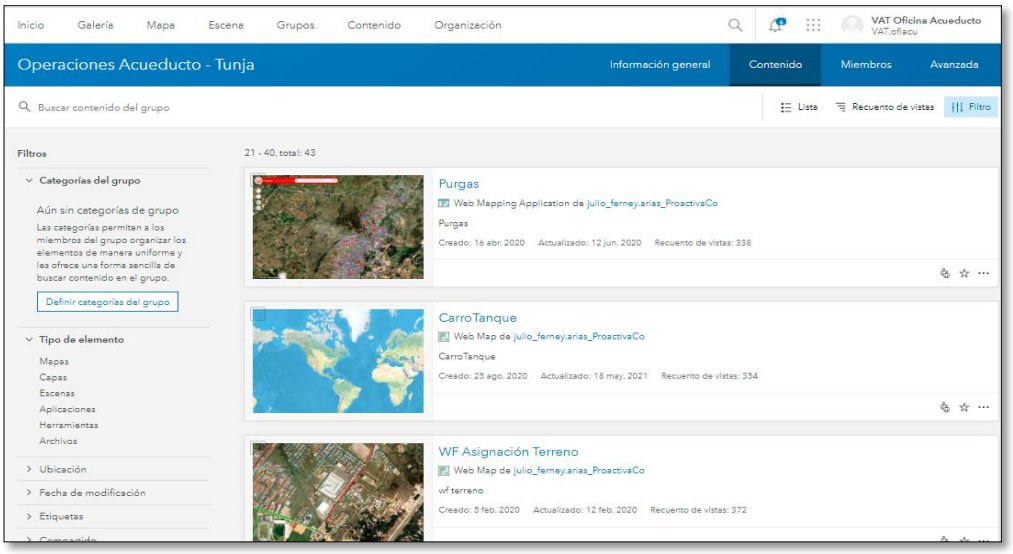
Para la obtención y descargue de los datos se usan las plataformas i2O, Surbey y Collector. En i2O, en la opción monitoreo, se toma el dato diario de las 7 am de las presiones aguas arriba y aguas abajo de las válvulas reguladoras monitoreadas.

Los datos de las válvulas y macro medidores no monitoreados, son subidos a plataformas como Surbey y Collector por las cuadrillas de campo una vez agendada la orden de actividad en Workforse, estos datos de presiones también se deben de tener en cuenta para el archivo histórico mensual de presiones.

Collector, es una aplicación que permite a cada una de las dependencias operativas y administrativas de Veolia crear grupos de trabajo, en los que se maneja, recopila administra, comparte y organiza información, distribuida en mapas webs con el completo sistema de Arcgis, por ejemplo, en el área administrativa de desarrollo urbano, Collector, analiza la información de las disponibilidades de servicio y la

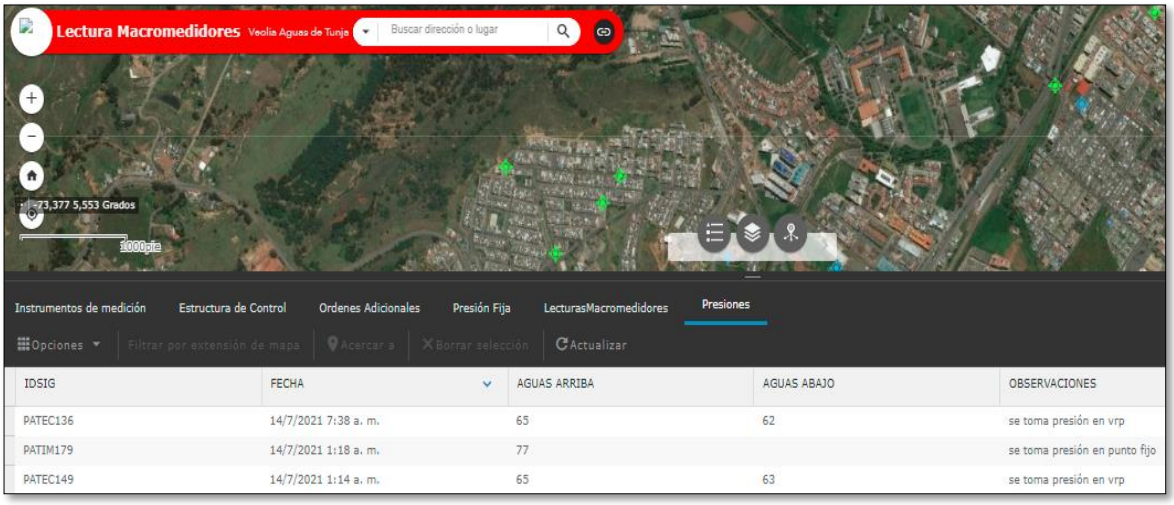
revisión de proyectos [12, p. 38], en el área de operaciones del acueducto, Colector, reúne la información técnica y operativa perteneciente a la red de acueducto.

Ilustración 14: Collector, grupo operativo de acueducto.



Nota: Fuente, autor, extraído de plataforma Collector (2021).

Ilustración 15: mapa web de Collector, lectura de presiones en instrumentos de medición y control.



Nota: Fuente, autor, extraído de plataforma Collector (2021).

Una vez se han recopilado los datos y se tiene el archivo mensual de presiones promedio y cantidad de mediciones, se comparte con control interno “interventoría” y con la ingeniera Natalia carolina Pedraza, encargada de diligenciar los formatos en la plataforma SUI (Sistema Único de Información de Servicios Públicos), con el fin de corroborar el cumplimiento de la normativa.

Ilustración 16: Datos históricos de presiones mes de junio 2021.

NOMBRE	SECTOR 12																							
ACCESORIO	VALVULA REDUCTORA			VALVULA REDUCTORA			VALVULA REDUCTORA			VALVULA REDUCTORA			VALVULA REDUCTORA			VALVULA REDUCTORA			VALVULA REDUCTORA					
DIRECCION	fuente v etapa			Fuente						Fuente III Etapa			Fuente Quinta Etapa intermedia			Fuente IV Etapa			Calleja esquina					
	Calle 34A No 16C-34			Carrera 16 con calle 26			Carrera 16 con calle 28			Parque			Calle 35B No. 16B-03			Calle 36A No 17-67			Calle 36A No. 16A-69					
SET-POINT (MCA)		69	25		63	39		62	28		46	36		49	25		51	5		80	22			
	+ o - (15%)	10,35	3,75	+ o - (15%)	9,45	5,85	+ o - (15%)	4	4,2	+ o - (15%)	6,9	5,4	+ o - (15%)	7,35	3,75	+ o - (15%)	7,65	0,75	+ o - (15%)	12	3,3			
IDSIG	PATEC64			PATEC101			PATEC521			PATEC104			PATEC524			PATEC512			PATEC522					
DIA	HORA	A. ARRIBA (MCA)	A. ABAJO (MCA)	HORA	A. ARRIBA (MCA)	A. ABAJO (MCA)	HORA	A. ARRIBA (MCA)	A. ABAJO (MCA)	HORA	A. ARRIBA (MCA)	A. ABAJO (MCA)	HORA	A. ARRIBA (MCA)	A. ABAJO (MCA)	HORA	A. ARRIBA (MCA)	A. ABAJO (MCA)	HORA	A. ARRIBA (MCA)	A. ABAJO (MCA)			
1	7:00	59	23	7:00	50	33	7:00	56	27	7:00	36	15	7:00	40	18	7:00	35	32	7:00	69	39			
2	7:00	57	23	7:00	51	51	7:00	73	73	7:00	35	14	7:00	40	17	7:00	33	30	7:00	67	34			
3	7:00	59	23	7:00	47	46	7:00	67	67	7:00	37	14	7:00	40	17	7:00	36	33	7:00	69	31			
4	7:00	57	23	7:00	43	43	7:00	64	64	7:00	34	14	7:00	40	17	7:00	34	31	7:00	67	29			
5	7:00	63	23	7:00	57	37	7:00	60	28	7:00	41	14	7:00	40	18	7:00	42	39	7:00	77	43			
6	7:00	64	23	7:00	59	37	7:00	60	29	7:00	43	14	7:00	40	18	7:00	45	43	7:00	81	28			
7	7:00	63	23	7:00	58	37	7:00	60	29	7:00	42	14	7:00	41	18	7:00	43	41	7:00	79	30			
8	7:00	58	23	7:00	50	37	7:00	60	29	7:00	36	14	7:00	40	17	7:00	34	31	7:00	68	33			
9	7:00	57	23	7:00	50	37	7:00	60	29	7:00	34	14	7:00	40	17	7:00	34	31	7:00	68	32			
10	7:00	59	23	7:00	52	37	7:00	60	28	7:00	37	14	7:00	40	17	7:00	36	32	7:00	69	34			
11	7:00	60	23	7:00	53	37	7:00	60	28	7:00	38	14	7:00	39	17	7:00	36	33	7:00	69	34			
12	7:00	64	23	7:00	58	37	7:00	60	28	7:00	43	14	7:00	40	18	7:00	43	40	7:00	78	37			
13	7:00	67	24	7:00	61	37	7:00	60	29	7:00	45	14	7:00	41	18	7:00	48	45	7:00	83	29			
14	7:00	65	24	7:00	59	37	7:00	60	29	7:00	43	13	7:00	41	18	7:00	46	44	7:00	82	27			
15	7:00	59	23	7:00	52	37	7:00	60	28	7:00	37	15	7:00	40	17	7:00	36	33	7:00	70	35			
16	7:00	58	23	7:00	50	37	7:00	60	28	7:00	36	15	7:00	40	17	7:00	34	31	7:00	68	31			
17	7:00	60	23	7:00	53	37	7:00	60	28	7:00	38	14	7:00	40	18	7:00	36	33	7:00	69	32			
18	7:00	59	23	7:00	51	37	7:00	60	28	7:00	37	15	7:00	40	17	7:00	35	32	7:00	69	31			
19	7:00	62	23	7:00	55	37	7:00	60	28	7:00	41	14	7:00	40	17	7:00	40	37	7:00	74	31			
20	7:00	66	23	7:00	61	37	7:00	60	29	7:00	45	14	7:00	41	17	7:00	48	45	7:00	84	30			
21	7:00	60	23	7:00	52	37	7:00	59	29	7:00	37	14	7:00	40	17	7:00	36	33	7:00	69	35			
22	7:00	61	23	7:00	54	37	7:00	59	29	7:00	39	14	7:00	40	17	7:00	37	34	7:00	70	32			
23	7:00	59	23	7:00	50	37	7:00	60	28	7:00	36	14	7:00	40	17	7:00	36	32	7:00	69	31			
24	7:00	62	23	7:00	55	37	7:00	60	29	7:00	40	14	7:00	40	17	7:00	40	37	7:00	73	36			
25	7:00	62	23	7:00	55	37	7:00	59	28	7:00	39	14	7:00	40	17	7:00	40	37	7:00	74	35			
26	7:00	63	23	7:00	56	37	7:00	60	28	7:00	41	14	7:00	40	17	7:00	42	39	7:00	77	39			
27	7:00	65	23	7:00	60	37	7:00	59	28	7:00	60	37	7:00	40	18	7:00	46	44	7:00	82	29			
28	7:00	61	23	7:00	55	37	7:00	60	28	7:00	55	37	7:00	40	17	7:00	39	36	7:00	72	31			
29	7:00	61	23	7:00	54	37	7:00	59	28	7:00	54	37	7:00	40	17	7:00	39	36	7:00	73	36			
30	7:00	62	23	7:00	55	37	7:00	60	28	7:00	55	37	7:00	40	17	7:00	40	37	7:00	75	39			
PROMEDIO		23,13			37,99			32,32			17,24			17,42			36,02			33,09					
PRESION (MCA)		23,13			37,99			32,32			17,24			17,42			36,02			33,09					
MEDICIONES		30,00			30,00			30,00			30,00			30,00			30,00			30,00					
# MEDICIONES TOT									210,0															
PRESION SECTOR									28,2															

Nota: Fuente, autor, ejemplo de datos históricos de presiones del mes de junio sector 12 (2021).

5.5 identificación de variables e insumos necesarios para implementar metodología que permita calcular el índice de agua no contabilizada (IANC).

El esfuerzo realizado por Veolia aguas de Tunja en la gestión de red de acueducto se enfoca en abastecer de forma eficaz a la población, sin apartar la vista de la sostenibilidad ambiental.

Dentro de los problemas más comunes en un sistema de redes hidráulicas u acueducto, está la perdida de volumen de agua, atribuido a una serie de factores que en conjunto es conocido como índice de agua no contabilizada (IANC).

Ante la creciente necesidad de mejorar las redes, Veolia cuenta con diversas estrategias para minimizar el volumen de agua fugada y por ende el índice de agua no contabilizada, uno de los métodos usados, son los sistemas inteligentes, con monitoreo y control en tiempo real, como el descrito anterior mente en el numeral 5.1, permitiendo tomar decisiones, o actuar de manera más acertada en la gestión de la red.

A pesar de contar con tecnología como apoyo en la gestión, es difícil saber a ciencia cierta el comportamiento real de la red, las perdidas reales o el índice de agua no contabilizada, para esto, se necesitaría una inversión en monitoreo bastante robusta, que permita saber todos los valores atribuidos a los datos que componen un balance hídrico como el presentado en la ilustración 17.

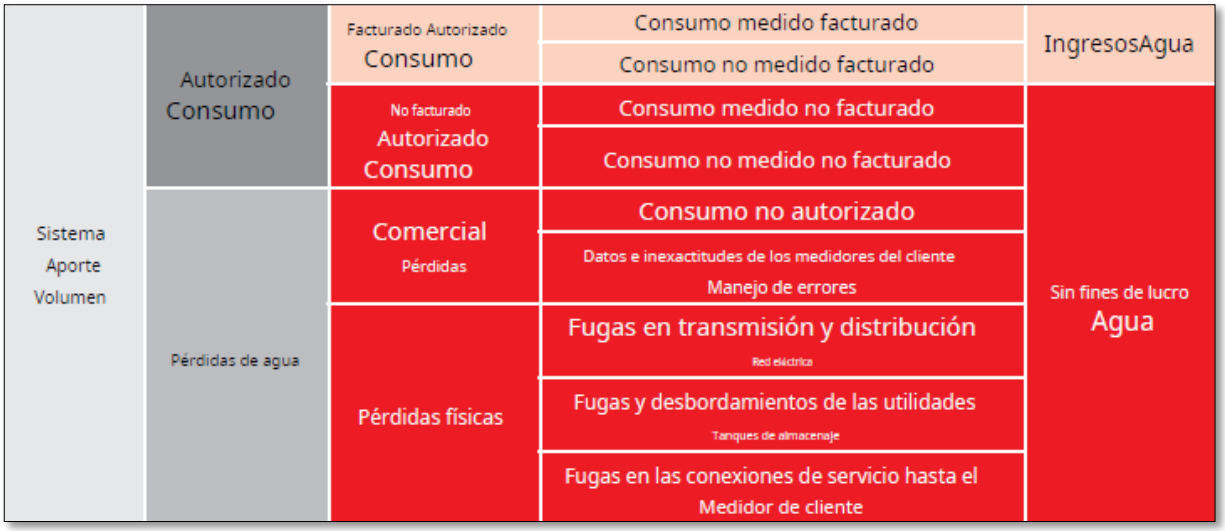
En los últimos años el interés por métodos empíricos atribuidos a la operación que permitan estimar el índice de agua no contabilizada, y más específicamente las perdidas comerciales y perdidas físicas, han tomado gran interés entre los prestadores de servicio de agua potable.

Una de las labores realizadas durante el proceso de pasantía, se basó en la investigación de posibles métodos que permitan conocer dichas perdidas, o, obtener un valor estimado en cada uno de los sectores, que sea aplicable y sirva de

guía en conjunto con los procesos de monitoreo, para saber qué sectores son los más críticos y necesarios de intervención.

Los métodos consultados y los resultados obtenidos se encuentran en el numeral, numeral “6.1.1. Aplicación del método BOTTOM UP como acercamiento a las perdidas reales y comerciales” como aportes al trabajo.

Ilustración 17: Balance hídrico de agua no contabilizada.



Nota: Fuente, The Manager’s Non-Revenue Water Handbook A Guide A Guide to Understanding Water Losses (2008).

6 APORTES AL TRABAJO.

6.1Aportes cognitivos.

Los aportes descritos a continuación, nacen durante el proceso de pasantía al observar que, además de contribuir con el desarrollo de las actividades diarias como auxiliar de ingeniería, en el sector operativo del acueducto, también podría contribuir con esfuerzos e ideas para mejorar el desarrollo operativo del sector, contando con la supervisión de la ingeniera en jefe, Yenny Garavito.

6.1.1 Aplicación del método BOTOOM UP como acercamiento a las perdidas reales y perdías comerciales.

Como se describió en el numeral “5.5 identificación de variables e insumos necesarios para implementar metodología que permita calcular el índice de agua no contabilizada (IANC)”, este aporte nace al observar la necesidad de conocer que sectores del acueducto presentan los comportamientos más críticos en cuanto a perdidas de volumen.

Para tal fin, la ingeniera Maira Alejandra García perteneciente al sector operativo del acueducto, comparte una serie de archivos bibliográficos en los que se describen los métodos usados por distintas empresas alrededor del mundo, con el objetivo de ser estudiados, analizados, e identificar las variables necesarias para su posible desarrollo, algunos de los métodos estudiados y analizados se nombran a continuación, sin adentrarse en su análisis matemático, pero, que son nombrados debido a que fueron de gran importancia para comprender el enfoque y desarrollo del método aplicado.

Metodología Fixed and Variable Area Discharge Paths (FAVED), el resultado del cálculo de este método es un valor aproximado al caudal fugado, dependiendo de la forma del agujero o la rotura, y fugas en juntas o accesorios, el método demostró que algunos tipos de agujeros y en específico su área transversal puede variar con

la presión, y la raíz cuadrada de la presión continua variando la velocidad del flujo, dando lugar a distintos tipos de fugas y por ende distintos valores del caudal fugado [10]. Aun que es un método que solo evalúa perdidas puntuales de fugas físicas, fue adoptado e incluido en los cálculos de algunos de los métodos nombrados a continuación, debido a su relación entre la presión y el área de descarga fija y variable, con el fin de estimar e incluir el valor del caudal fugado por roturas o fisuras.

Metodología Burst and Background Estimate (BABE), este método estima consumos, gastos y variables de las perdidas reales pertenecientes a la red de distribución, además tiene en cuenta el método FAVED y sus resultados como un factor corrector de presión (FCP) para estimar las fugas por fisuras, visibles o superficiales, y no visibles o de fondo, su aplicación es favorable en sistemas de distribución que no cuentan con complejos sistemas de monitoreo o que simplemente carecen de datos e información.

Método de los caudales mínimos nocturnos, o NFM (Night Flow Method), el método tiene como objetivo conocer el valor del caudal fugado diario, evaluando el caudal fugado en una hora objetivo, siendo dicha hora objetivo el momento más crítico en cuanto a volumen fugado de la red, el cual se presume es durante el caudal mínimo nocturno.

Como dato inicial se debe de tener el valor del caudal fugado en la hora objetivo del sector hidrométrico a analizar, dicho caudal es posible obtenerlo realizando un simple balance hídrico entre el caudal inyectado y el caudal demandado, una vez obtenido el caudal fugado en la hora objetivo, es posible evaluar un caudal fugado diario, teniendo en cuenta un factor hora-día, factor que es proporcional a la variación de la presión en la red, tanto temporal como espacial a lo largo del día, con relación a la presión en la hora del caudal mínimo nocturno, tenido en cuenta esta relación se deben de conocer las presiones de la red tomando como referencia un nodo representativo, conocido para el método como AZP (Average Zone Point) o punto de zona promedio, por último se debe conocer el exponente que representa la relación que tiene, el caudal fugado con la presión y las roturas o fisuras,

exponente producto de la teoría FAVED que para el método de los caudales mínimos nocturnos se representa como N1 [10].

Los datos iniciales necesario para realizar el balance hídrico y obtener el valor inicial del caudal fugado en la hora del mínimo nocturno, pueden ser recopilados en el abono, en caso tal que la red de distribución monitoree y recopile información, en caso contrario es posible utilizar los datos y principios del método BABE.

Metodología BOTTOM UP o método ascendente. Una vez realizado el análisis y estudio teórico de los métodos, se toma la decisión por recomendación de la ingeniera en jefe Yenny Garavito, de enfocar el análisis y desarrollo practico al método BOTTOM UP. Como principio básico, el método requiere el aislamiento de un área de estudio, sectorización o distrito hidrométrico, con el fin de obtener datos más precisos en cuanto a caudales y presiones, el distrito hidrométrico tendrá un área ideal de estudio si este cuenta con 800 a 2000 conexiones u abonados, y hasta 10000, si la zona cuenta con equipos de monitoreo [13].

El análisis del nivel actual de fugas del área de estudio, se lleva a cabo durante el consumo nocturno, el cual representa el flujo mínimo nocturno efectivo consumido.

Como primer dato se debe de conocer el valor del caudal entrante al sector, el cual ha de ser recopilado por caudalímetro registrando datos en intervalos de 15 minuto durante las 24 horas del día, a su vez se debe de conocer y registrar el comportamiento de la presión dentro del área de estudio en diferentes puntos, con el objetivo de saber la presión media a la que opera el sector [15].

Al valor obtenido del caudal de ingreso en la hora del mínimo nocturno, se le ha de restar el valor del consumo real nocturno, el cual es el patrón de consumo del sector, este valor puede ser obtenido de los datos recopilados por los micromedidores de los abonados. Para la buena práctica y desarrollo del análisis, el método recomienda conocer el comportamiento de consumo del 90% de los abonados, en caso tal de que no se cuente con los datos necesarios, el consumo ha de ser estimado, sin embargo al estimar este valor, existen gran cantidad de variables que normalmente

no se tienen en cuenta, como, ciudades u sectores en el que el mayor consumo se realiza en horas nocturnas, los tipos de edificación entre los cuales varia el tipo de consumo, o, sectores y estratificación de la ciudad, pues se ha podido evidenciar que entre menor sea el estrato del sector hidrométrico analizado, mayor es el consumo, fenómeno que responsable a diversos factores socioeconómicos [12, p. 41].

La diferencia entre el caudal de ingreso mínimo nocturno y el consumo mínimo nocturno será multiplicada por el factor corrector de presión (FCP), el cual ya había sido mencionado en los demás métodos, como el factor dependiente hora-día, y que relaciona la presión con el área del orificio de fuga, según la teoría FAVED, una vez estimado el nivel actual de fugas es posible analizar el comportamiento mensual y anual.

Una recomendación en común, propuesta por las metodologías consultadas que se desarrollan durante el caudal mínimo nocturno, recomienda realizar el análisis con datos registrados entre las 2am y 4 am.

La hora de análisis del método BOTTOM UP, para el cálculo del volumen fugado realizado durante el proceso de pasantía, para el acueducto de Tunja, se determinó entre las 2am y 3am, una vez se verifico con datos provenientes de la plataforma i2O que para la mayoría de los 26 sectores que componen la totalidad de la red de suministro, esta era la hora del caudal mínimo apropiado.

Ilustración 18: Ejemplo de caudales registrados por macro medidor a la entrada del sector 1.

Timezone	DateTime	MACROMEDIDOR PATIM624 AV NORTE NÂ° 68-02	MACROMEDIDOR PATIM624 AV NORTE NÂ° 68-02
		P2	Net Flow Rate
America/Bogota	1/01/2021 2:00	-2.71	4.89
America/Bogota	1/01/2021 2:15	-2.71	4.36
America/Bogota	1/01/2021 2:30	-2.71	5.11
America/Bogota	1/01/2021 2:45	-2.71	4.72
America/Bogota	1/01/2021 3:00	-2.71	4.56
America/Bogota	1/01/2021 3:15	-2.71	5.19
America/Bogota	1/01/2021 3:30	-2.71	5.22
America/Bogota	1/01/2021 3:45	-2.71	5.22
America/Bogota	1/01/2021 4:00	-2.71	5.33
America/Bogota	1/01/2021 4:15	-2.71	5.22
America/Bogota	1/01/2021 4:30	-2.71	5.22
America/Bogota	1/01/2021 4:45	-2.71	5.11
America/Bogota	1/01/2021 5:00	-2.71	5.26

Nota: Fuente, autor, datos descargados de la plataforma i2O Water (2021).

Como es propuesto por el método, el análisis se realizó por sector hidrométrico, cada sector cuenta con 1 macro medidor (PATIM) de entrada, que registra los datos de presión y caudal cada 15 minutos, los cuales son recopilados en la plataforma i2O.

Para el primer dato que es el caudal de ingreso mínimo nocturno, se tomaron los valores registrados de 2 am a 3 am, los caudales fueron descargados de la plataforma i2O como se puede apreciar en la imagen número 18, y posterior mente promediados y recopilados para los 6 primeros meses del año 2021 de cada uno de los 26 sectores.

El siguiente dato a recopilar, fue el consumo real nocturno del sector en la hora elegida del mínimo nocturno, debido a la falta de información, se estimaron los datos, analizando un estudio de consumo realizado en el año 2019 por el sector comercial de la empresa, en el que se instalaron caudalímetros a 30 propiedades de cada sector entre familiar y no familiar con el fin de promediar un valor de consumo representativo del sector y por conexión u abonado, este valor obtenido, se multiplico por el número de conexiones existentes para el año 2021, de esta forma se obtuvo un valor aproximado del consumo real nocturno en la hora de análisis elegida.

Para determinar el valor de FCP, se debe de conocer la presión media a la que opera el sector, el objetivo de FCP en el método BOTTOM UP es representar el valor del caudal perdido por fugas de fondo. Cada uno de los 26 sectores de la red de acueducto de Tunja cuenta con una serie de válvula reguladoras (PATEC), las cuales registran el valor de la presión como parte del sistema de monitoreo descrito anteriormente, el número de válvulas varía y son distribuidas según el área del sector, el conocer la presión en distintos puntos del sector es favorable, puesto que el método así lo sugiere, no es posible trabajar con una única presión de entrada, ya que al variar el terreno, entre más baja la cota mayor es la presión, es por esto que el método sugiere conocer distintos puntos de presión y estimar una presión promedio de trabajo para el sector.

Ilustración 19: Datos recopilados en hoja de cálculo para perdidas de volumen del método BOTTOM UP.

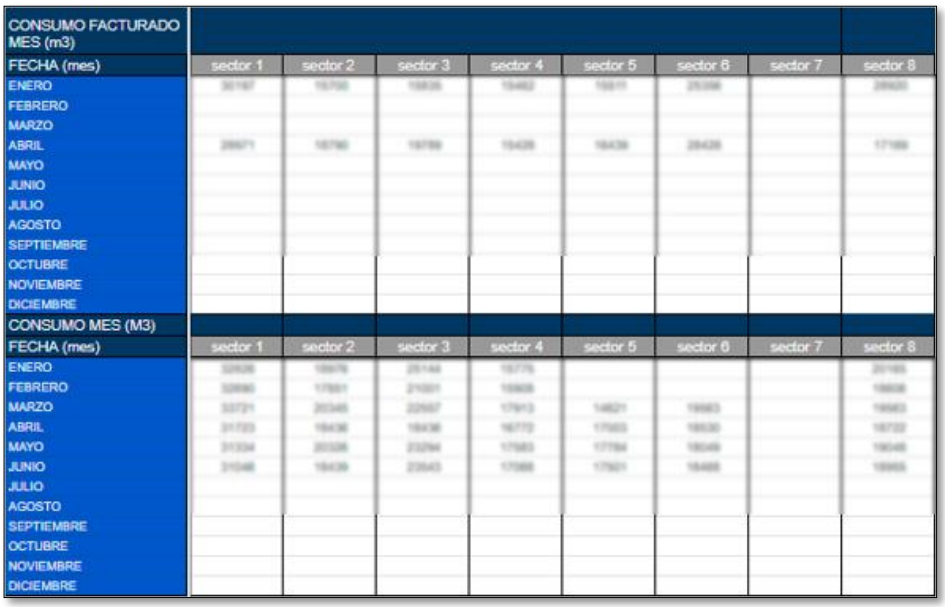
DATOS POR SECTOR EN HORA ESPECIFICA						
SECTORES	sector 1	sector 2	sector 3	sector 4	sector 5	sector 6
# DE CONEXIONES U ABONADOS	2941	1574	2356	1903	1521	2978
PROMEDIO DE CONSUMO POR CONEXIÓN U ABONADO (l/s)	0,00090	0,00160	0,00100	0,00080	0,00150	0,00100
FECHA (mes)	Qmn 2am-3am (l/s)	Qmn 2am-3am (l/s)	Qmn 2am-3am (l/s)	Qmn 2am-3am (l/s)	Qmn 2am-3am (l/s)	Qmn 2am-3am (l/s)
ENERO	3,11	3,03	3,1	1,4		
FEBRERO	4,00	3,05	3,2	1,83		
MARZO	3,44	3,09	2,78	1,88	1,7	2,3
ABRIL	3,44	3,11	3,1	1,74	1,85	2,08
MAYO	3,00	3,1	2,89	1,81	1,74	1,81
JUNIO	3,33	3,12	2,98	1,58	1,97	1,88
JULIO						
AGOSTO						
SEPTIEMBRE						
OCTUBRE						
NOVIEMBRE						
DICIEMBRE						
PRESIONES PROMEDIOS POR SECTOR						
FECHA (mes)	sector 1	sector 2	sector 3	sector 4	sector 5	sector 6
ENERO	49,5	63,8	52,3	19,3	36,7	42,9
FEBRERO	47,9	62,2	51,2	19,1	34,4	38,8
MARZO	47,6	60,9	50,4	18,5	34,2	42,5
ABRIL	48,4	59,7	50,1	17,1	33,3	47,2
MAYO	48,0	60,6	50,7	16,9	34,3	43,4
JUNIO						
JULIO						
AGOSTO						
SEPTIEMBRE						
OCTUBRE						
NOVIEMBRE						
DICIEMBRE						
FACTOR DE CORRECCIÓN (FCP)						
PRESION(mca)	FCP(reporte E 26)	FCP(exp 0,5)	FCP(exp 1,0)	FCP(exp 1,5)	FCP(exp 2,5)	FCP USADOS
20	0,33	0,63	0,4	0,25	0,1	0,25
25	0,43	0,71	0,5	0,35	0,18	0,35
30	0,53	0,77	0,6	0,46	0,28	0,46
35	0,64	0,84	0,7	0,59	0,41	0,59
40	0,75	0,89	0,8	0,72	0,57	0,72
45	0,87	0,95	0,9	0,85	0,77	0,85
50	1	1	1	1	1	1
55	1,13	1,05	1,1	1,15	1,27	1,15
60	1,27	1,1	1,2	1,31	1,58	1,31
65	1,41	1,14	1,3	1,48	1,93	1,48
70	1,56	1,18	1,4	1,66	2,32	1,66
75	1,72	1,22	1,5	1,84	2,76	1,84
80	1,88	1,26	1,6	2,02	3,24	2,02
85	2,05	1,3	1,7	2,22	3,77	2,22
90	2,22	1,34	1,8	2,41	4,35	2,41
95	2,4	1,38	1,9	2,62	4,98	2,62
100	2,59	1,4	2	2,83	5,66	2,83

Nota: Fuente, autor, hoja de cálculo realizada en Google Sheets (2021).

Para recopilar el dato de la presión media del sector, se usó el archivo mensual de presiones, en el cual es posible verificar la presión de trabajo del sector mes a mes como se puede apreciar en el ejemplo del sector 12, en la ilustración número “16. Datos históricos de presiones mes de junio 2021”.

Para el análisis de las perdidas comerciales, se registra el volumen en m^3 facturados y m^3 de ingreso al sector. El dato del volumen facturado es proporcionado por el sector comercial, solo para el mes de enero y abril, y el dato del volumen de ingreso es consultado en i2O registrado por el macro medidor.

Ilustración 20: Datos recopilados en hoja de cálculo para perdidas comerciales.



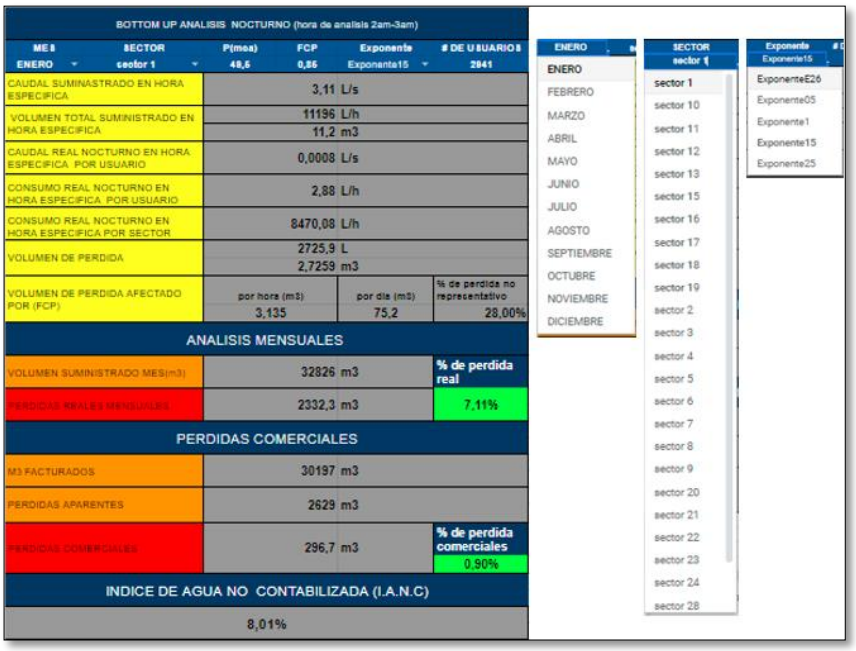
CONSUMO FACTURADO MES (m3)								
FECHA (mes)	sector 1	sector 2	sector 3	sector 4	sector 5	sector 6	sector 7	sector 8
ENERO								
FEBRERO								
MARZO								
ABRIL								
MAYO								
JUNIO								
JULIO								
AGOSTO								
SEPTIEMBRE								
OCTUBRE								
NOVIEMBRE								
DICIEMBRE								
CONSUMO MES (M3)								
FECHA (mes)	sector 1	sector 2	sector 3	sector 4	sector 5	sector 6	sector 7	sector 8
ENERO								
FEBRERO								
MARZO								
ABRIL								
MAYO								
JUNIO								
JULIO								
AGOSTO								
SEPTIEMBRE								
OCTUBRE								
NOVIEMBRE								
DICIEMBRE								

Nota: Fuente, autor, hoja de cálculo realizada en Google Sheets (2021).

Una vez se consigue recopilar los datos necesarios de los 6 primeros meses del 2021 para los 26 sectores del acueducto, se automatiza una hoja de cálculo en la aplicación Google sheets. Para visualizar las pérdidas de un sector en específico, se deberán desplegar las listas para seleccionar mes, sector y exponente del FCP, la WRC (Water Research Commission) sugiere el uso del FCP exponente 1,5 para el cálculo de fugas de fondo [12].

A continuación, se presenta como ejemplo el resultado del análisis de perdidas realizado para el mes de enero del sector 1.

Ilustración 21: Hoja de cálculo del método BOTTOM UP.



BOTTOM UP ANALISIS NOCTURNO (hora de analisis 2am-3am)					
MES	SECTOR	P(mca)	FCP	Exponente	# DE USUARIOS
ENERO	sector 1	48,6	0,86	Exponente15	2841
CAUDAL SUMINASTRADO EN HORA ESPECIFICA		3,11 L/s			
VOLUMEN TOTAL SUMINISTRADO EN HORA ESPECIFICA		11196 L/h 11,2 m3			
CAUDAL REAL NOCTURNO EN HORA ESPECIFICA POR USUARIO		0,0008 L/s			
CONSUMO REAL NOCTURNO EN HORA ESPECIFICA POR USUARIO		2,88 L/h			
CONSUMO REAL NOCTURNO EN HORA ESPECIFICA POR SECTOR		8470,08 L/h			
VOLUMEN DE PERDIDA		2725,9 L 2,7259 m3			
VOLUMEN DE PERDIDA AFECTADO POR (FCP)		por hora (m3) 3,135	por dia (m3) 75,2	% de perdida no representativo 28,00%	
ANALISIS MENSUALES					
VOLUMEN SUMINISTRADO MES(m3)		32826 m3		% de perdida real	
PERDIDAS REALES MENSUALES		2332,3 m3		7,11%	
PERDIDAS COMERCIALES					
M3 FACTURADOS		30197 m3			
PERDIDAS APARENTES		2629 m3			
PERDIDAS COMERCIALES		296,7 m3		% de perdida comerciales 0,90%	
INDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA (I.A.N.C)					
8,01%					

Nota: Fuente, autor, análisis de perdidas sector 1 (2021).

Como resultado para la perdida real, se obtiene un valor del 7,11%, estas pérdidas representan fugas y derrames o perdidas físicas, las perdidas aparentes representan las perdidas físicas más perdidas por consumos no autorizados y mediciones inexactas, su diferencia representa las perdidas comerciales, o pérdidas de agua que ingresan pero que no son facturadas, el resultado de las perdidas comerciales es del 0,9%, y por último se obtiene un índice de agua no contabilizada (I.A.N.C) del sector del 8,01%.

Una vez terminado el análisis y automatizada la hoja de cálculo se le presento el resultado a la ingeniera en jefe Yenny Garavito, y posteriormente se realizó el cálculo para cada uno de los 26 sectores.

Este tipo de análisis permite conocer que sectores hidrométricos presentan un índice mayor de perdidas, lo que representa una idea más acertada de que sectores

necesitan de mayor intervención, también es posible evaluar los caudales nocturnos suministrados, teniendo en cuenta que se podría estar suministrando volúmenes excesivos por consecuencia de fugas o roturas en la red.

Cabe aclarar que algunos de los datos en el ejemplo de análisis en sector 1 fueron modificados, por normas de confidencialidad de la empresa, y además prohíbe la divulgación de los resultados finales, ya que en primera medida son datos que competen únicamente a la empresa Veolia aguas de Tunja, y el desarrollo de la metodología y los resultados obtenidos deben de ser analizados y corroborados por un equipo de ingenieros.

6.1.2 Actualización de datos de instrumentos de medición (PATIM) o macro medidores, con formato de archivo de calibración y alerta de calibración.

Cada uno de los instrumentos, equipos, líneas de acueducto, e infraestructura que componen la red de acueducto, están codificados, este código está compuesto primeramente por siglas, atribuyendo el grupo o tipo, y números, los cuales diferencian el objeto dentro del grupo, esta codificación fue implementada por Proactiva aguas de Tunja y posteriormente fue adoptada por Veolia aguas de Tunja. De una correcta codificación y datos actualizados depende mucho el trabajo coordinado de la empresa, facilitando el desarrollo laboral y mitigando fallas u errores tanto operativos como administrativos.

Por ejemplo, las líneas del acueducto son identificadas como PATLA (Proactiva Aguas de Tunja Línea de Acueducto), las válvulas reguladoras de presión como PATEC (Proactiva Aguas de Tunja Estructura de Control) entre otros.

Durante el proceso de pasantía y el manejo de información como parte del desarrollo de actividades, fue posible apreciar algunos errores en cuanto a codificación y archivos con información desactualizada, por ejemplo, dirección de ubicación, tipo o material, diámetros u códigos, entre otros, por esta razón algunos de los archivos existentes no correspondían con los datos presentes en plataformas como i20 o mapas web de la plataforma COLLECTOR.

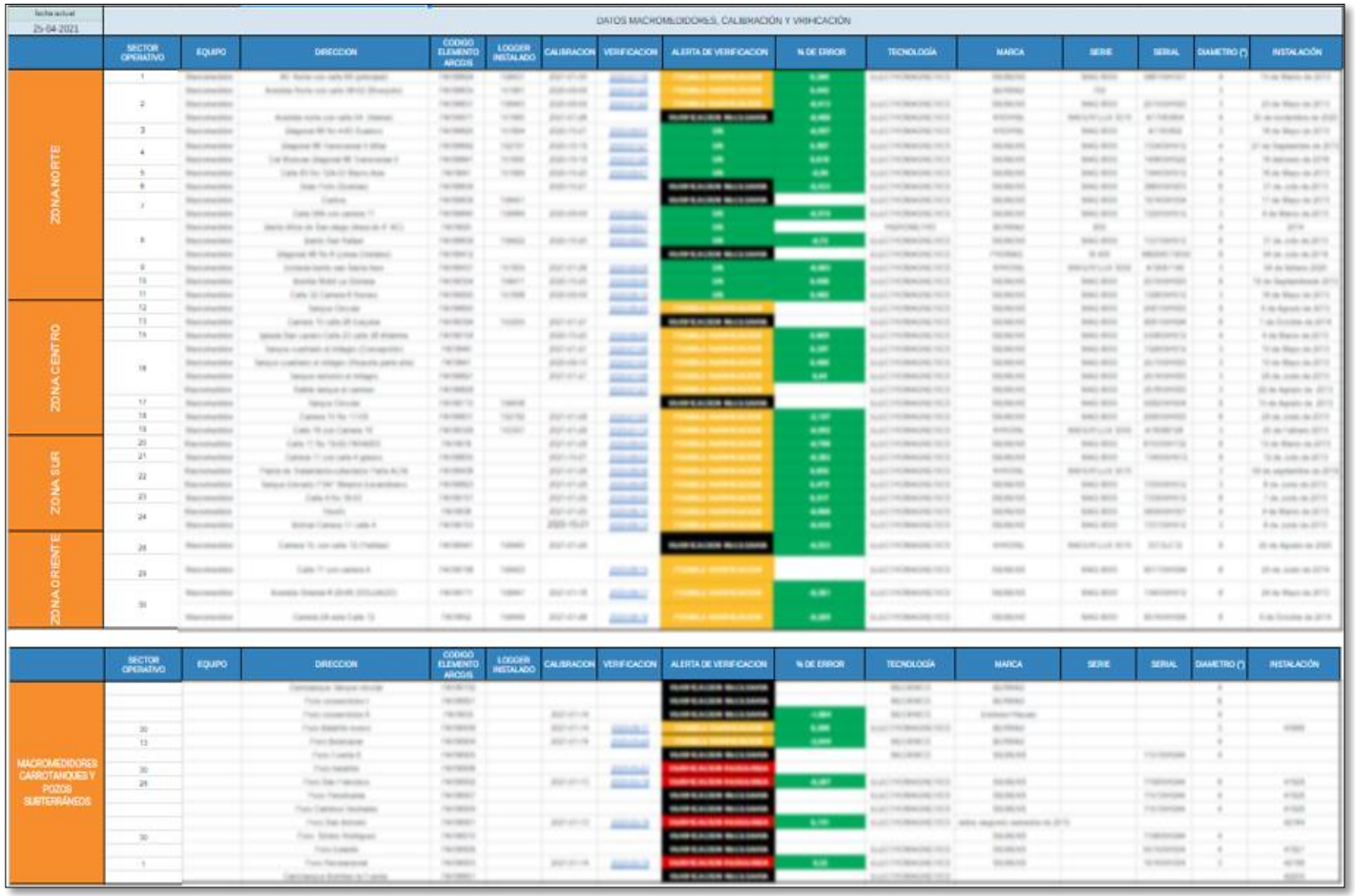
Entre la información a actualizar se encontraba el archivo de los macro medidores o PATIM (Proactiva Aguas de Tunja Instrumento de Medición), además de la actualización de los datos ya presentes en el archivo, se buscó integrar datos como, calibración y verificación del equipo, porcentaje de error en la calibración, tecnología, marca, entre otros.

Los datos actualizados corresponden a los macro medidores de los 26 sectores, macro medidores de tanques y pozos subterráneos, y, macro medidores generales, estos deben de ser calibrados y verificados una vez cada año, durante la actualización de los datos, se corroboro que muchos de los macro medidores llevaban más de un año sin ser calibrados y verificados por el laboratorio, para tener un control apropiado de los equipos, se automatizo el archivo actualizado, con el fin de generar una alerta visual que permita saber que macro medidores ya están, necesitan ser, o están sin verificar, de tal forma que el archivo se actualiza automáticamente a diario, además se integró un enlace directo hacia el ultimo soportes de verificación expedido por el laboratorio en caso de querer consultarlo, y una alerta visual que permite saber que tan crítico es el porcentaje de error en la calibración.

Ilustración 22: Alertas de verificación.

Nota: Fuente, autor, extraído de datos macro medidores, calibración y verificación (2021).

Ilustración 23: Archivo automatizado actualizado, datos macro medidores, calibración, verificación y soporte de verificación por laboratorio.



Nota: Fuente, autor, extraído de datos macro medidores, calibración y verificación (2021)

6.1.3 Actualización de base de datos de hidrantes, conforme a planos hidráulicos de la ciudad, identificando la necesidad de nueva construcción, cambio o reubicación, con el fin de garantizar parámetros normativos y de cobertura.

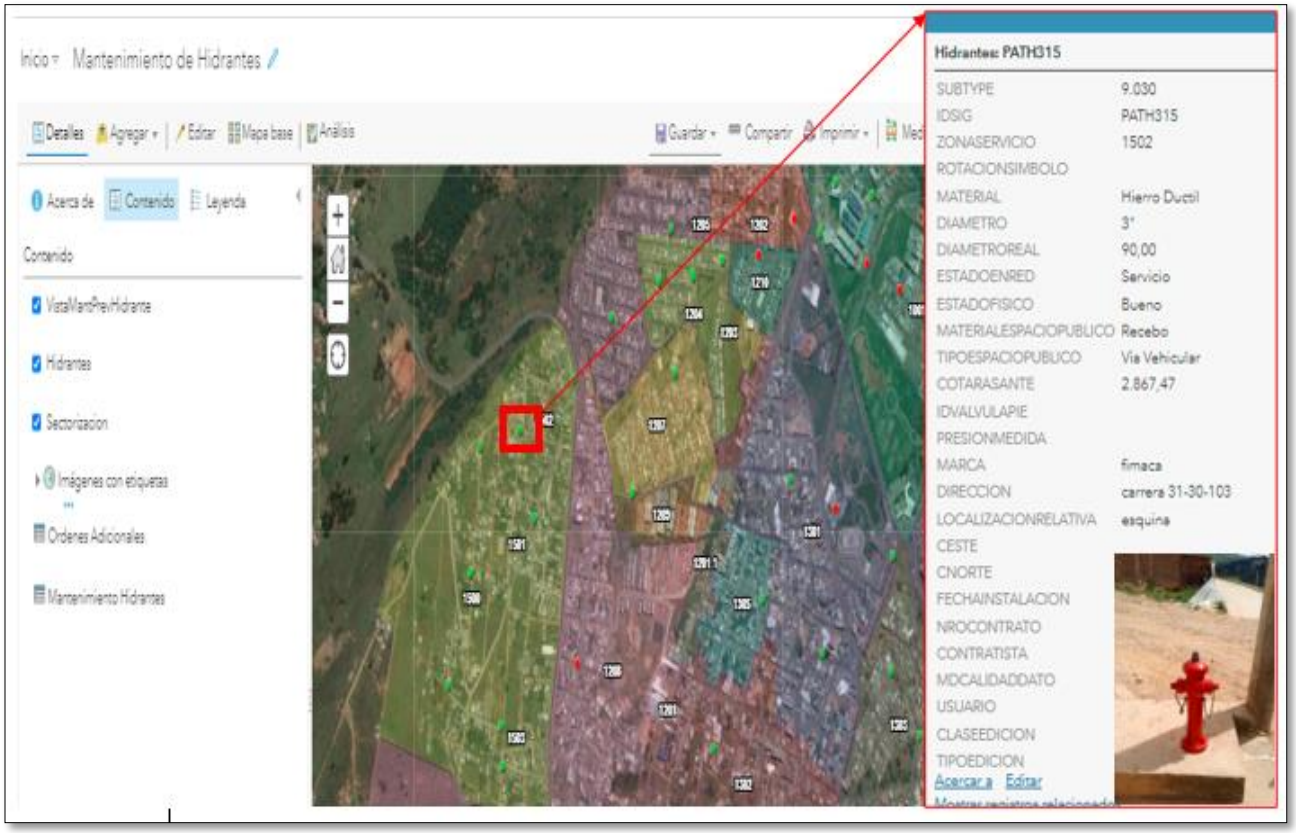
El hidrante es un dispositivo que suministra gran cantidad de agua en un tiempo estimado relativamente corto, permitiendo la conexión de bomberos y llenado de camiones cisterna, son un factor necesario para la prevención de riesgos y desastres, fundamental para la protección de vidas y bienes en caso de posibles incendios, por esto, su disposición en las redes públicas es obligatoria en toda población.

En la ciudad de Tunja, el sector operativo del acueducto de la empresa Veolia aguas de Tunja, se encarga de la construcción, instalación y mantenimiento de los hidrantes distribuidos en la ciudad, así como su verificación en cuanto al cumplimiento normativo establecido en la resolución 330 del 2017 por el ministerio de vivienda, ciudad y territorio, el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS-2000), y lo descrito en el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR10 título J.

Una de las actividades realizadas dentro del sector operativo del acueducto, como parte de la labor desarrollada durante el proceso pasantía, fue analizar y verificar los archivos de información pertenecientes a la red de distribución, durante este proceso, se pudo corroborar que la información estaba desactualizada, en cuanto a los datos descritos en el archivo de hidrantes, al hacer el análisis de dicho archivo, se encontró que parte de la distribución de hidrantes en la ciudad, no cumplían con la normativa de cobertura descrita en la resolución 330 del 2017 y la RAS 2000, estos datos desactualizados u erróneos, podrían conllevar a problemáticas mucho más graves, por lo que se vio la necesidad de trabajar en la actualización del archivo.

Para la actualización del archivo se usó la plataforma COLLECTOR, y el web map desarrollado para hidrantes, en el que personal y cuadrillas de campo suben constantemente la información actualizada, en cuanto a instalación, estado, tipo, ubicación y reubicación de hidrantes, entre otros.

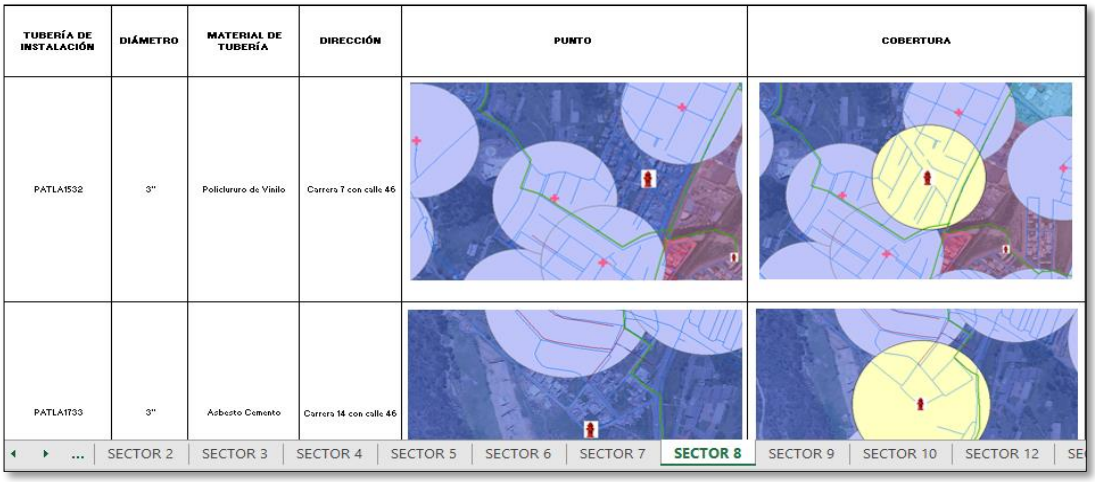
Ilustración 24: Plataforma COLLECTOR, datos de hidrantes.



Nota: Fuente, autor, imagen extraída y modificada de plataforma COLLECTOR, mantenimiento de hidrantes (2021).

Una vez se realizó la actualización del archivo, se registraron 303 hidrantes sin tener en cuenta los internos, pertenecientes a conjuntos cerrados. Y se realizó de nuevo el análisis normativo respecto a cobertura, con la ayuda de plataformas como ARCMAP, COLLECTOR y el archivo de “hidrantes propuestos” compartido por la ingeniera Yenny Garavito.

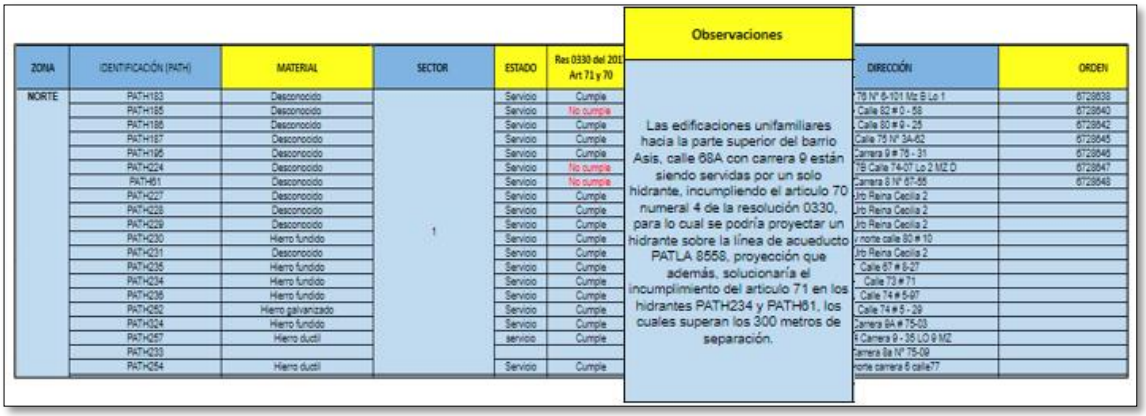
Ilustración 25: Análisis de cobertura de hidrantes.



Nota: Fuente, archivo de hidrantes propuestos, suministrado por la ingeniera Yenny Garavito, adaptado y modificado.

Una vez realizado el análisis de cobertura con el archivo actualizado de hidrantes, se realiza la nota de aclaración sobre el mismo archivo, referente a los hidrantes que no cumplen con la exigencia de zonificación urbana descrita en la resolución 330 del 2017 en sus artículos 70 y 71, y, RAS 2000 Titulo B. De igual forma se suministra el dato de las líneas de la red de acueducto (PATLA), que ya han sido intervenidas con hidrantes, tras las intervenciones propuestas desde el último análisis de cobertura realizado por la ingeniera Yenny Garavito.

Ilustración 26: Archivo actualizado, hidrantes para atención de emergencias.



Nota: Fuente, autor, sección extraída de archivo actualizado de hidrantes.

6.2 Aporte a la comunidad.

La labor de Veolia aguas de Tunja en la operatividad del acueducto y las actividades realizadas, encaminadas desde el desarrollo de ingeniería durante el proceso de pasantía, se enfocan hacia un único objetivo, mismo objetivo que es uno de los principios básico de la ingeniería civil, contribuir en el cambio o desarrollo de una sociedad, inventando, reinventando o mejorando, y, solucionando problemáticas por medio de estructuras, infraestructuras, y procesos operativos, que permitan mejorar la calidad de vida de las sociedades, y, contribuyendo y aportando a las comunidades.

En general cada una de las actividades realizadas descritas anterior mente contribuyen al proceso operativo del acueducto, y a proveer de manera eficaz agua potable a la comunidad Tunjana, también fue posible aportar a la seguridad ciudadana, por medio del análisis de hidrantes, necesarios para el control de incendios y acceso a bomberos, en caso de riesgo o desastres.

Las actividades realizadas no solo fueron un aporte al veneficio de la comunidad, al hacer parte de la facultad de ingeniería civil, no fue posible dejar de lado la parte ambiental, por esto, muchas de las actividades realizadas, como lo fueron el desarrollo del método BOTTOM UP, el análisis de presiones para posterior control de fugas activas, entre otros, enfocaron sus esfuerzos a mejorar la gestión y distribución del agua, mitigando perdidas y usos excesivos.

7 IMPACTOS DEL TRABAJO DESEMPEÑADO.

El desarrollo de la pasantía como auxiliar de ingeniería civil en el sector operativo del acueducto en la empresa Veolia aguas de Tunja y las actividades realizadas, generaron varios impactos entorno a su desarrollo, provenientes de resultados tanto positivos como negativos, pero, que como resultado final enriquecen y fortalecen el progreso profesional.

Como autor y primer implicado en el desarrollo de dicha pasantía, los impactos generados tras culminar tal proceso, fueron tanto profesionales, como personales, profesionalmente los impactos más significativos se reflejan en conocimiento aplicado y conocimiento adquirido, por un lado el conocimiento aplicado permitió reafirmar bases del proceso y desarrollo profesional como ingeniero civil, y por otro lado, el conocimiento adquirido, que inicia con la experiencia del desarrollo profesional dentro de un entorno laboral, seguido de los procesos operativos tanto teóricos como prácticos, que conllevan el control, manejo y operación de un acueducto.

También, está el impacto al crecimiento personal, al ser participe y observar el desarrollo laboral de todos los integrantes del sector operativo del acueducto, se logró apreciar la importancia y los resultados de un buen trabajo en equipo, partiendo de la responsabilidad, seriedad y puntualidad de cada una de las personas que integran el grupo.

Los impactos del trabajo desempañado al interior de la empresa, se definen por los resultados de las labores realizada, resultados que concluyeron satisfactoriamente, contribuyendo a un óptimo desarrollo laboral y aportando a la gestión y operación eficaz del acueducto, dichos resultados satisfactorios impactan en el servicio prestado a la comunidad, como por ejemplo, el control y supervisión de presiones diarias, el descuido de esta actividad podría generar impactos negativos, como escases de flujo por presiones muy bajas, o daños a en válvulas y sistemas de almacenamiento de los propietarios por presiones muy altas.

Las labores realizadas satisfactoriamente, con responsabilidad, puntualidad y ética, impactan y enaltecen el buen nombre de la Universidad Santo Tomas, permitiendo que empresas con gran trayectoria como lo es Veolia aguas de Tunja, se interesen aún más por el apoyo profesional y practico de sus egresados.

8 CONCLUSIONES.

El desarrollo de habilidades, actitudes, y conocimientos generados tras culminar la práctica profesional, y que han sido integrados al aprendizaje adquirido tras 5 años de formación como ingeniero civil, dan cuenta de la importancia de los procesos prácticos para la formación personal y profesional.

Por un lado está la diferencia entre el desarrollo formativo y el desarrollo laboral, diferencia que fue posible apreciar durante el cambio de proceso académico a practico, durante el proceso académico el conocimiento es el objetivo y los resultados de este recaerán sobre una única persona y su formación como profesional, durante el práctico, la aplicación del conocimiento adquirido durante el proceso académico es el objetivo, y los resultados de este , buenos o malos, finalizaran o recaerán en terceros, por lo que es posible concluir la importancia de la práctica profesional realizada, y en general de las prácticas profesionales o pasantías, no solo fue una preparación para integrarse al campo laboral, o provechosa intelectual y profesionalmente, también fue posible apreciar el nivel ético, de compromiso y de responsabilidad que conlleva ejercer la ingeniería civil.

Se sabe que el acceso al agua potable es un derecho de todos, y contar con el servicio de acueducto para muchos es un privilegio, del que sí goza la ciudad de Tunja, esto se debe a dos condiciones muy importantes, como primera condición, las excelentes cualidades que brinda la geografía, topografía, e hidrología de la ciudad, permitiendo integrar uno de los tipos de acueducto más favorables, como lo es un acueducto por gravedad, aun así, al hacer parte de su proceso operativo se pudo apreciar su complejidad, lo que da paso a la segunda condición, la cual recae en el eficaz trabajo que cumple la empresa Veolia y sus colaboradores, como un ejemplo claro se podría apreciar los resultados del área de intención de cobertura, o, cobertura real, la cual es del 100%, como lo demuestran los indicadores publicados desde el año 2019 en cumplimiento a la resolución de la CRA 151 de 2001.

Como se mencionó anteriormente, los favorables resultados son impulsados por la calidad profesional de sus colaboradores, su excelente coordinación, y trabajo en equipo, que van de la mano de importantes inversiones en sistemas y tecnologías de gestión, realizadas por Veolia aguas de Tunja, como, por ejemplo, las plataformas de monitoreo, o plataformas digitales para la coordinación laboral, las cuales fueron indispensables para el desarrollo laboral de la pasantía.

Todo este esfuerzo realizado por la empresa Veolia en Tunja, su personal humano, técnico, y tecnológico, están enfocados en la mejora y evolución del servicio, así como se puede apreciar en las actividades descritas en este documento, y, además, en la preservación del medio ambiente, que van desde el cero uso de papel, hasta la preservación y uso responsable del recurso hídrico, con objetivos claros como reducir el porcentaje IANC del 18%, presentado en los indicadores del año 2019.

La labor proactiva a favor del medio ambiente fue uno de los aspectos más enriquecedores a nivel personal y profesional durante el desarrollo de la pasantía, pues fue posible aprender y adaptar habilidades prácticas y teóricas en busca de dicho objetivo, una de las habilidades que fue posible aprender y conocer, fue la búsqueda activa de fugas, por medio de monitoreo o procesos analíticos y gráficos, al igual que procesos de búsqueda con equipos manuales en campo, obteniendo resultados altamente efectivos, también fue posible conocer, aprende y aplicar métodos teóricos, como el método BOTTOM UP con resultados favorables, los cuales hicieron posible conocer aún más el comportamiento del acueducto y sus falencia, para conocer un valor global, lo más cercano a la realidad del indicador IANC.

A pesar de que la red de acueducto cuenta con un gran nivel de monitoreo, y cuenta con casi todos los datos e insumos necesarios para aplicar el método, sus resultados pueden ser afectados erróneamente por uno de los datos consultados, el cual es el caudal real nocturno por usuario en la hora específica, debido a que el dato se sustrajo como valor ponderado de un estudio realizado en el año 2019, cuando el método aconseja conocer mes a mes este valor, de mas del 90% de la

población, es decir, que si se quiere mejorar a futuro en los indicadores publicados por la empresa el valor del índice de agua no contabilizada (IANC), se debe de realizar una inversión mayor en monitoreo a los usuarios.

Finalmente es posible afirmar que el proceso operativo del acueducto en la ciudad de Tunja es altamente eficiente, y mejora constantemente, sin lugar a duda el hacer parte, fue un proceso enriquecedor, en el que todos los factores se prestaron para cumplir satisfactoriamente con los objetivos propuestos tras el inicio de la labor practica o de pasantía.

9 GLOSARIO.

Acueducto: Es un sistema o conjunto de sistemas de irrigación que permite transportar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en el que está accesible en la naturaleza hasta un punto de consumo distante, generalmente una ciudad o poblado.

Acuífero: formación geológica que está constituida por una o más capas de rocas, capaz de almacenar y ceder el agua.

Caudal: Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

Caudal de diseño: Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

Cuenca: Extensión de terreno más ancha y menos profunda que un valle, cuyas aguas se vierten en un río, en un lago o en el mar.

Embalse: Gran depósito artificial de agua, construido generalmente cerrando la boca de un valle mediante un dique o presa, que retiene las aguas de un río o de la lluvia para utilizarlas en el riego, abastecer poblaciones o producir energía.

Estación de Bombeo: Las estaciones de bombeo son estructuras destinadas a elevar un fluido desde un nivel energético inicial a un nivel energético mayor.

Estructura de almacenamiento: Estructuras normalmente fabricadas o prefabricadas en concreto, en la cuales se almacena la cantidad suficiente de agua para satisfacer la demanda de una población.

Fuente subterránea de agua: Depósito de agua subterránea natural, extraída para diversos usos y aprovechamientos del ser humano.

Fuente superficial de agua: Es aquella que se encuentra en reposo o circulando sobre la superficie de la tierra y es aprovechada en sistemas de suministro.

Fugas de fondo: Fugas de la red que no pueden ser detectadas por métodos de inspección visuales.

Geófono detector de fugas: Equipo de medición que usa el sonido para detectar fugas de agua en el suelo, estos instrumentos normalmente son de tipo electromagnético y cuentan con una campana o micrófono a través de la cual captan el sonido en el suelo o la tierra para transmitirla a una unidad central.

Índice de agua no contabilizada (IANC): Es uno de los principales parámetros de eficiencia de los prestadores de servicio de agua potable, este indicador incluye perdidas técnicas, no técnicas y consumo no facturado.

Macromedidor: Son dispositivos que sirven para medir tanto el flujo (caudal) instantáneo de agua que circula a través de una tubería, como el total acumulado de agua que ha fluido durante un tiempo determinado, su uso es de tipo industrial y se usa a partir de diámetros de 2 pulgadas.

Micromedidor: Dispositivo que registran e indican el volumen de agua que pasa a través de un elemento o componente de un sistema de acueducto, su uso es residencial, y se usan a partir de diámetros de ½" a 2" pulgadas.

Presión: Magnitud que se define como la derivada de la fuerza con respecto al área.

Potabilización: Proceso o procesos a los que se somete el agua para que pueda ser consumida por el ser humano sin que presente un riesgo para su salud.

Sector hidrométrico: es una sección de la red de distribución de agua potable, perfectamente delimitada por medio de válvulas de seccionamiento, adecuadamente instrumentada para aforar el caudal de entrada, y para controlar la presión de operación.

Válvula reguladora de presión: Las válvulas reguladoras de presión tienen la función principal de establecer y mantener una presión constante en el sistema, actuando como el dispositivo principal de descarga de la presión.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

[1] W. Abendaño, "*La educación ambiental como herramienta de la responsabilidad social"*, Rev. Luna Azul, Vol.35, pp.94-115, julio 2012.

[2] Alcaldía mayor de Tunja, "*Geografía"*, 22 Octubre 2018. [En línea]. Available: https://www.tunja-boyaca.gov.co/municipio/geografia. [Último acceso: 01 Junio 2021]

[3] VEOLIA, "*Nuestra historia en Tunja"*, 2021. [En línea]. Available: https://www.veolia.com.co/tunja-yopal/nosotros/quienes-somos/historia-tunja. [Último acceso: 01 junio 2021].

[4] M. A. García, (Comunicación privada) "*Descripción sistema de acueducto"*, 2021.

[5] D. F. C. Cruz, "*Mejoramiento del abastecimiento de agua para Tunja: Embalse La copa y pozo profundo Fuente lll",* Monografía de pasantía, Universidad Santo Tomas, Tunja, 2020.

[6] L. F. Pirachican, *"Control y elaboración de datos técnicos para la gestión y seguimiento de proyectos urbanísticos en la empresa Veolia aguas de Tunja"*, Monografía de pasantía, Universidad Santo Tomas, Tunja, 15 febrero 2021. [En línea]. Available: https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33710/2021luispirachican.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

[7] M. Pacheco, "*Aplicación de plataformas tecnológicas y normativas para la gestión técnica del desarrollo urbano en la empresa Veolia aguas de Tunja s.a.e.s.p*" Monografía de pasantía, 12 abril 2021. [En línea]. Available:

https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33684/2021marilynpacheco.pdf?sequence=4&isAllowed=y. [Último acceso: 12 06 2021].

[8] i2O Water*,"i2O Intelligent water networks"*, 2021. [En línea]. Available: https://en.i2owater.com/. [Último acceso: 7 Junio 2021].

[9] K. A. L. Cruz, Artist, "*Manual para la gestión y control urbano de procesos constructivos de acueducto y alcantarillado"* Monografía de pasanía, universidad Santo Tomas, Tunja, 2020.

[10] J. J. E. Morales, "*Método de los caudales minimos nocturnos: revisión de sus bases científicas, evaluación de errores potenciales y propuestas para su mejora"* Tesina máster en ingeniería Hidráulica y medio ambiente, Universidad Politécnica de Valéncia, España, 2011.

[11] Superintendencia de servicios públicos domiciliarios, *"Superservicios"*, 2021. [En línea]. Available: https://www.superservicios.gov.co/nuestra-entidad/quienes-somos. [Último acceso: 4 Mayo 2021].

[12] L. A. F. Mogollon, "*Diagnóstico del desarrollo urbano, proyectado a la futura infraestructura de acueducto público de la ciudad de Tunja Boyacá",* Monografía de pasantía, Universidad Santo Tomas, Tunja, 2021.

[13] X. V. D. Galván," *Aplicación del método de jerarquías analíticas (AHP) a la gestión de pérdidas de agua",* Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Válencia, España, 2011.

[14] Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, Resolución 330 del 2017, Diario oficial N°:50267 de junio 17 de 2017, 2017, 08 de junio.

[15] Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, "*Minvivienda*",» 2017. [En línea]. Available: https://www.findeter.gov.co/system/files/convocatorias/PAF-ATF-C-036-

2015/PAF-ATF-C-036-2015%4005_Anexo_D-Guia_Para_El_Analisis_Tecnico_Operativo.pdf. [Último acceso: 8 junio 2021].

APÉNDICES Y ANEXOS.

ANEXO A: Convenio.

ANEXO B: Bitácoras.

ANEXO C: Certificado de pasantía.